



La végétation pastorale du Bassin du Lac Tchad

André GASTON
Agropastoraliste CIRAD-EMVT

In : Atlas d'élevage du bassin du Lac Tchad = Livestock atlas of the Lake Chad basin. De Zborowski
Isolde. CIRAD-EMVT-Service Infographie-Cartographie (FRA). Wageningen : CTA, 39-46. ISBN
2-87614-248-1

Introduction

Le Bassin du Lac Tchad, compris entre les parallèles 8° et 16° N, est soumis à un climat tropical caractérisé par un régime pluviométrique unimodal.

Les précipitations se produisent pendant l'été boréal, avec un maximum au mois d'août. Au nord, à la latitude du 16^e parallèle, elles durent de deux à trois mois, tandis que, au sud, elles s'étagent sur six mois.

Elles ont considérablement diminué au cours des deux dernières décennies. L'extrait (fig. 1) de la carte des isohyètes publiée par AGRHYMET (MOREL, 1992) est éloquent. Entre la période 1950-1967 et la période 1968-1985 l'isohyète 250 mm s'est déplacée de 100 à 150 kilomètres vers le sud. Les autres isohyètes (500, 750, 1 000 mm) occupent également une situation plus méridionale.

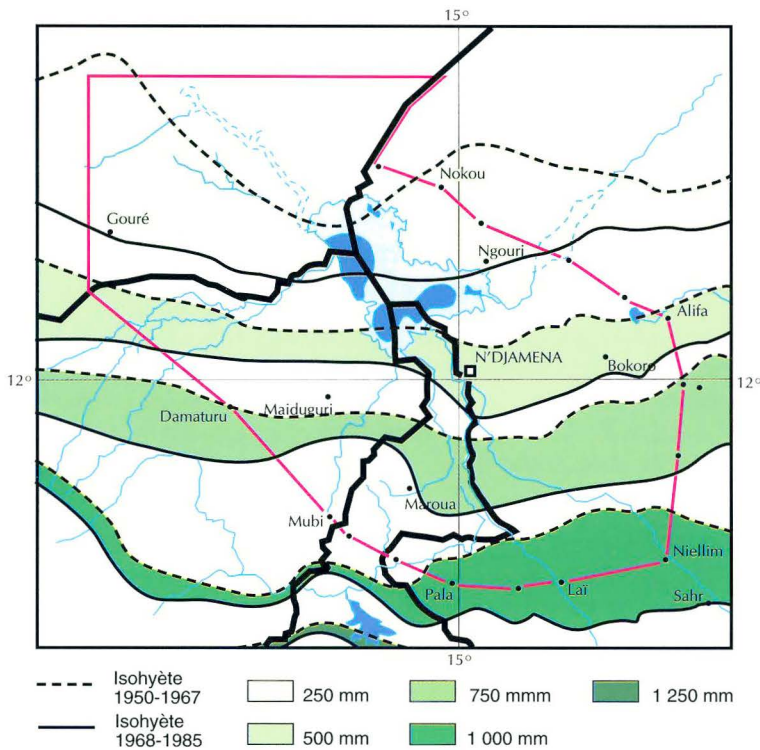


Fig. 1 : Position des isohyètes avant et après la sécheresse - AGRHYMET, MOREL, 1992)
Fig. 1 : Position of the isohyetes before and after the dry - AGRHYMET, MOREL, 1992)

Actuellement, le Bassin du Lac Tchad reçoit donc des précipitations comprises entre 100 millimètres, voire moins, et 1 000 millimètres. Elles conditionnent l'utilisation des terres et la zonalité de la végétation naturelle.

La partie recevant moins de 300-350 millimètres à une vocation exclusivement pastorale. Au sud de cette ligne théorique, les cultures pluviales sont possibles : c'est la zone des terroirs pastoraux.

La zonation phytogéographique de la végétation avait été établie par TROCHAIN (1970). Après la sécheresse (GASTON, 1981), les limites ont été adaptées pour le Bassin du Lac Tchad (fig. 2).

Deux domaines phytogéographiques, le sahélien et le soudanien, se partagent l'espace du Bassin du Lac Tchad. La végétation pastorale sera décrite d'après cette classification en domaines, et en secteurs.

LE DOMAINE SAHÉLIEN

Le domaine phytogéographique sahélien, avec ses deux secteurs, occupe toute la partie nord du Bassin du Lac Tchad.

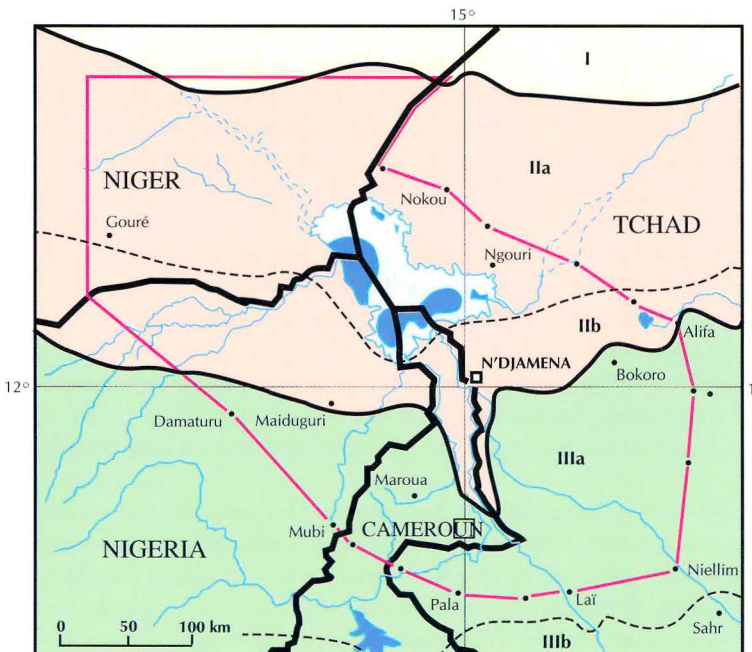
Le premier, le secteur phytogéographique sahélo-saharien, est le plus septentrional, au contact du domaine phytogéographique saharien. La limite nord peut être assimilée à l'isohyète 100 mm, valeur plus réaliste que celle de 200 mm, avancée par des auteurs, tel AUBREVILLE (1950), à

Introduction

The Lake Chad Basin which lies between the 8th N and 16th N parallels of latitude comes under a tropical climate with an unimodal rainfall. The rains occur within the boreal summer, their maximum is in august. In the northern side of the 16th parallel the rainy season lasts two to three months, whereas in the south it can last six months.

During the two last decades the rains were diminishing. The map of isohyets (fig. 1) published by AGRHYMET (Morel 1992) is clear. From the 1950-1967 period to the 1968-1985 one, the 250 mm isohyet, moved on 100 or 150 km to the south. All isohyets, as 500, 750, 1 000 mm, moved in the southern direction.

At the moment, the Lake Chad Basin, receives rainfall from 100 mm, or less, to 1 000 mm a year; This is the factor regulating uses of lands and the zonal distribution of the native vegetation. The regions receiving less than 350 mm are pasturelands by vocation, in their south, dry farming could be possible, but with sectors dedicated to pasture.



Région soudano-angolane
I Domaine saharo-africain
II Domaine sahélien
IIa Secteur sahélo-saharien
IIb Secteur sahélo-soudanien
III Domaine soudanien
IIIa Secteur soudano-sahélien
IIIb Secteur eusoudanien

Fig. 2 : Zonation phytogéographique du Bassin du Lac Tchad, (d'aprèsTROCHAIN, 1970, adapté par Gaston).
Fig. 2 : Phytogeographical zones of the Lake Chad Basin (from Trochain-1970, adapted by Gaston-1981).

The phytogeographic zonage of the vegetation was identified by TROCHAIN (1970). After the drought, the boundaries were revised (GASTON, 1981) for the Lake Chad Basin region. Two phytogeographic domains : the sahelian and the soudanian ones, share the Lake Chad Basin area. Our description of the pastoral vegetation will be done on this classification.

THE SAHELIAN DOMAIN

The two sectors of the Sahel phytogeographic domain occupy the whole of the northern part of the Lake Chad Basin.

The sahelio-saharan sector is the most northerly and is adjacent to the saharan domain. The northern limit is better put at the 100 mm rainfall isohyet than the 200 mm of some authors (AUBREVILLE, 1950). The latter figure was used at a time when the ecology of the region and its reactions to the large climatic and rainfall variations inherent to the area were not well understood. The most recent of these events are still affecting the ecosystem and its pastoral people and their impact is studied in another section.



une époque où l'écologie et les réactions de ce domaine aux phénomènes climatiques étaient mal connues. En effet, cette partie de l'Afrique tropicale est sujette à d'importantes variations climatiques et pluviométriques dont la plus récente sévit encore, perturbant écosystèmes et populations pastorales. Son impact sur le milieu naturel est étudié dans un texte séparé.

La limite avec le secteur phytogéographique sahélo-soudanien se situe approximativement au 13^e parallèle, c'est-à-dire pour le Niger à la latitude de Maïné-Soroa et pour le Tchad, sur une ligne Massakory-Am Djéména. Du point de vue de la végétation, cette limite marque le passage d'une végétation ligneuse à épineux à une végétation ligneuse où les essences non épineuses, en particulier celles appartenant à la famille des combretacées, deviennent caractéristiques du paysage végétal.

La limite sud de ce secteur phytogéographique sahélo-soudanien avec le domaine soudanien est moins tranchée latitudinalement. Ceci en raison de l'enclave édaphique que constituent les "Yaérés", vaste ensemble hydromorphe de débordement du Logone et en grande partie situé au Cameroun.

A l'ouest de cet écosystème, on peut considérer que c'est le cordon dunaire de Limani, rivage fossile du grand Lac Tchad qui constitue la limite tandis qu'à l'est, au Tchad, c'est le Bahr Erguig et son effluent, le Batha de Laïri, qui limitent ce secteur phytogéographique avec le domaine phytogéographique soudanien.

Ce domaine phytogéographique sahélien s'étend sur plus de 400 kilomètres en latitude et est soumis à des précipitations annuelles allant de 100 à 600-700 millimètres. Il est constitué de substrats sableux à sablo-limoneux avec des dépressions argileuses, et présente une variété de paysages végétaux et de pâturages plus ou moins fournis qui font l'originalité de cette zone.

Le secteur sahélo-saharien

Cette bande, de 250 à 300 kilomètres de large, constitue ce que l'on appelle couramment le Sahel. C'est une zone propice à l'élevage car non concurrencée par l'agriculture, en raison de la faible pluviosité qui parfois devient sécheresse, avec les conséquences dramatiques que l'on sait.

Le substrat sur lequel se développe la végétation sahélienne de ce secteur est constitué, dans sa grande majorité, de sables quaternaires qui ont été, sous l'action des vents, diversement modelés.

Il en résulte des ensembles dunaires à fort relief, celui du Manga, situé au Niger et au Tchad, celui de l'ouest du Manga localisé au Niger. Le relief sableux peut être seulement façonné sous forme d'ondulations dunaires. Il forme aussi des plateaux, principalement dans la partie située au nord du Lac Tchad, entre Gouré et Nguigmi au Niger et dans la région de Rig-Rig et de Nokou au Tchad.

Ces massifs dunaires sont entaillés de sillons, tels que la vallée fossile de la Dillia au Niger et le Bahr el Ghazal au Tchad, ancien défluent du Lac Tchad, encore fonctionnel aux temps historiques (NACHTIGAL, 1881). Les massifs dunaires sont également parsemés de petites dépressions allongées, surtout au Tchad, et orientées sud-est/nord-ouest : les ouadis.

Cet ensemble dépressionnaire, dont le fond est argileux et parfois natronné près du Lac Tchad, abrite, grâce à l'endoréisme, une végétation plus abondante.

Physionomiquement, si l'on se réfère à la classification de Yangambi (TROCHAIN, 1957), la végétation est une steppe arbustive à épineux. La strate ligneuse, composée d'espèces épineuses adaptées aux rudes conditions climatiques, est clairsemée, de l'ordre de trente individus à l'hectare, tandis que la strate herbacée est composée principalement d'espèces annuelles pouvant former un tapis continu mais dont la hauteur ne dépasse pas 60 centimètres.

Bien que remarquablement adaptées, les espèces qui constituent le cortège floristique du Sahel subissent le contrecoup des précipitations déficitaires. Des arbres meurent, des graminées annuelles régressent au

The southern limit of the sahelo-saharan sector with the sahelo-sudanian sector is at about 13°N. In Niger this is at the latitude of Maïné-Soroa and in Chad it is along a line from Massakory to Am Djemena. In terms of vegetation types, the limit marks the change from a thorny scrub to a woody non-thorny vegetation in which the Combretaceae are an important element of the flora.

The southern limit of the sahelo-sudanian sector as it passes into the sudanian domain is not clearly delimited in terms of latitude. This is due to an enclave known as the "yaéré" at the outlet of the Logone, and mainly in Cameroon, where hydromorphic soils are the main influence on the vegetation.

At the west of this ecosystem the Limani dune field, a fossil shoreline of Lake Chad, can be considered to be the boundary. To the east, the Bahr Erguig and then its tributary the Batha de Laïri, form the boundary of the sahelo-sudanian sector with the sudanian domain.

The Sahel phytogeographic domain extends over more than 400 km of latitude in which rainfall increases from 100 mm to 600-700 mm per year. Soils are mainly sands or sandy-loams but there are clay depressions that contribute to the varying vegetation and pasture types typical of this zone.

The sahelo-saharan sector

This band of country covering 250-300 km of latitude is commonly known as the Sahel. It is well-suited to livestock production as there is little competition from agriculture. The low rainfall sometimes becomes a drought, with subsequent well-known consequences.

Sahel vegetation develops on soils which are mostly sands of Quaternary origin and which have been variously influenced by the wind. The result is a series of dune fields with strong relief. Examples are the Manga in Niger and Chad and the one to the west of the Manga in Niger. The sandy relief may be undulating or flat. Examples of the latter are the plateau to the north of Lake Chad between Gouré and N'Guigmi in Niger and in the Rig-Rig and Nokou area in Chad.

The dune fields are cut by troughs or valleys such as the fossil valley of Dillia in Niger and the Bahr-el-Ghazal in Chad. The latter is an old outlet of Lake Chad which sometimes still flowed in the not-too-distant past (NACHTIGAL, 1881). The dune fields are also interspersed with shallow depressions or wadis which, especially in Chad, are aligned in a southeast-northwest direction. The wadis, whose soil is clayey and sometimes salty near Lake Chad, have a more dense vegetation, in part due to the fact that run-off water sinks into the ground.

According to the Yangambi classification (TROCHAIN, 1957), the vegetation is a thorny scrub steppe. The sparse woody layer, comprising thorny species adapted to the harsh climatic conditions, has about 30 trees/ha. The field layer is mainly of annual species which may form a continuous cover but whose height does not exceed 60 cm.

Although it is very well adapted the flora of the Sahel does suffer from very poor rainfall. Trees die and annual grasses degenerate to such an extent that they provide minimal ground cover or disappear altogether. The adaptive traits of the grasses fortunately allow them, under more favourable rainfall conditions, to cover the ground once again but this is not the case for the tree layer.

The pastoral vegetation of the Sahel, that is to say all of it, is thus influenced by soil type, by "average" rainfall, and by rainfall variation. Rainfall variation in the last twenty years has often been well below the long term average.

The remainder of this section will describe the vegetation of the dune fields, the rolling dunes and the various depressions for Niger (PEYRE de FABREGUES, 1963; RIPPSTEIN and PEYRE de FABREGUES, 1972) and for Chad (GASTON, 1966; 1967; GASTON and DULIEU, 1976) as synthesized for the Livestock Departments of the two countries (GASTON, 1985; PEYRE de FABREGUES, 1986).



point de présenter un tapis herbacé clairsemé, voire inexistant. Heureusement, l’adaptation de ces dernières leur permet, à la faveur de précipitations plus favorables, d’occuper à nouveau le substrat, mais il n’en est pas de même pour les ligneux.

La végétation pastorale du Sahel, c’est-à-dire toute la végétation, est donc soumise à l’influence du substrat, à la zonation issue des pluviosités “moyennes” et aux aléas des variations pluviométriques. Celles-ci vont souvent, depuis deux décennies, dans le sens négatif.

Nous allons donc décrire successivement les végétations des grands massifs dunaires, celles des ondulations et plateaux sableux et enfin celles des diverses dépressions. Cette description s’inspirera des travaux de PEYRE DE FABREGUES (1963) et de RIPPSTEIN et PEYRE DE FABREGUES (1972) pour le Niger, de GASTON (1966, 1967) et de GASTON et DULIEU (1976) pour le Tchad. Ces travaux, réalisés dans le cadre d’études pastorales destinées aux Services de l’élevage des deux États, ont été synthétisés lors de l’édition des “Atlas des potentialités pastorales sahéliennes”, fascicule Tchad (GASTON, 1985), fascicule Niger (PEYRE DE FABREGUES, 1986).

Plus des deux tiers du secteur phytogéographique sahélo-saharien du Bassin conventionnel du Lac Tchad étant localisés au Niger, nous adopterons les subdivisions de PEYRE DE FABREGUES (1986), c’est-à-dire : subdivision du Nord, subdivision du Centre, subdivision du Sud. Elles peuvent sans difficulté être extrapolées pour le Tchad.

La subdivision du nord

Cette partie la plus septentrionale du Sahel reçoit des précipitations de l’ordre de 100 millimètres. Cette hauteur d’eau reste néanmoins très aléatoire, certaines stations pouvant recevoir des quantités proches de zéro.

La strate arbustive de la steppe est très clairsemée, voire inexistante, et les ligneux les plus communs sont *Acacia raddiana*, *Leptadenia pyrotechnica* et *Commiphora africana*. Cette dernière espèce a été très affectée par la sécheresse. La densité des ligneux est variable, plus élevée sur les sables fixés. Les espèces citées sont accompagnées d’ubiquistes, tels *Balanites aegyptiaca*, *Maerua crassifolia*, *Ziziphus mauritiana* et *Calotropis procera*, abondant à l’est du Niger, dans le Manga.

Cette région abritait un arbuste spécifique, *Commiphora quadricincta*, présent au Tchad et au Niger où il ne dépassait pas l’ouest du méridien de Tanout mais cette espèce a considérablement régressé devant la sécheresse.

Deux autres ligneux bas, à affinités sahariennes, *Cornulaca monacantha* et *C. aucheri*, sont caractéristiques de ces stations : ces deux espèces sont très recherchées par les dromadaires.

La steppe herbacée sahélienne n’est pas dépourvue de vivaces, la plus caractéristique est *Panicum turgidum*, se développant sur les sables grossiers qu’elle fixe en formant de grosses touffes. Bien que ses chaumes soient durs, elle est appréciée des dromadaires et des bovins. Après la sécheresse son aire s’est agrandie, et elle occupe maintenant de vastes étendues, au Tchad en particulier.

D’autres vivaces existent dans cette zone, avec souvent, surtout après la sécheresse, une faible abondance : *Stipagrostis uniplumis*, *Aristida pallida*, *Cymbopogon schoenanthus* et *Cyperus jeminicus*.

Le tapis herbacé d’annuelles, composé essentiellement de graminées, est très étroitement tributaire de la pluviosité. Les espèces les plus abondantes sont *Tragus berteronianus*, *Enneapogon* spp., *Cenchrus biflorus*, *Aristida mutabilis*. Une espèce d’affinité saharienne, *Molkiopsis ciliata*, est fréquente, tandis que *Gisekia pharnacioides* traduit une pluviosité faible et irrégulière.

Malgré cette pauvreté, tant du point de vue floristique que du point de vue de la végétation, on peut distinguer, grâce à la géomorphologie et à la nature du substrat, quatre formations végétales.

Deux d’entre elles (**Sp/RA**, **Sr/PL**) se développent sur les forts reliefs du Manga, à la latitude du massif de Termit. Elles sont essentiellement caractérisées par la présence de *Panicum turgidum* qui affectionne les reliefs heurtés.

La troisième (**Sd/CA**) se situe à l’ouest des précédentes, mais sur un substrat plus aplani constitué de sables grossiers. Les ligneux y sont très rares, tandis que *Panicum turgidum* forme la strate vivace, accompagné de *Cyperus jeminicus* et *Aristida papposa*, relativement rares.

More than two-thirds of the sahelo-saharan sector in the Lake Chad Basin is in Niger where it has been classed into north, central and south subdivisions (PEYRE DE FABREGUES, 1986). These subdivisions are equally valid for Chad.

North subdivision

This most northern part of the Sahel has an average of about 100 mm of rain per year but the amount is very variable. Some stations receive almost no rain at all.

The woody layer comprises very scattered trees and sometimes there are none at all. The most common woody species are *Acacia raddiana*, *Leptadenia pyrotechnica* and *Commiphora africana*. The last of these has been particularly badly affected by the drought. Woody species density is very variable but is higher on stabilized sands. The three species just mentioned are everywhere accompanied by others such as *Balanites aegyptiaca*, *Maerua crassifolia*, *Ziziphus mauritiana* and *Calotropis procera* which is very common in the Manga in eastern Niger.

This region was also once home to the endemic *Commiphora quadricincta*, which occurred both in Niger, where it was not found west of Tanout, and in Chad, but it has also suffered from the drought. *Cornulaca monacantha* and *C. aucheri*, small woody species with saharan affinities, are also characteristic of these areas. Both provide very good feed for camels.

The field layer of the Sahel still contains some perennial species, the most typical being *Panicum turgidum*. This species grows on coarse sands which it helps to fix with its large tufts. Although its stems are very hard they are eaten by camels and cattle. Since the drought it has spread considerably and now occupies vast area, especially in Chad. Other perennials occur but, especially since the drought, are not very common. These include *Stipagrostis uniplumis*, *Aristida pallida*, *Cymbopogon schoenanthus* and *Cyperus jeminicus*.

The annual elements of the field layer are mainly grasses and these are very dependent on the amount of rainfall. The most common are *Tragus berteronianus*, *Enneapogon* spp., *Cenchrus biflorus* and *Aristida mutabilis*. One common saharan species is *Molkiopsis ciliata*. The presence of *Gisekia pharnacioides* is an indication of low and irregular rainfall.

In spite of the poverty, both in species composition and in vegetative biomass, four vegetation formations can be distinguished in relation to geomorphology and soil type. Two of these (**Sp/RA** and **Sr/PL**) are found on the rugged terrain of the Manga at the latitude of the Termit Massif and are characterized by the presence of *Panicum maximum* on the steepest slopes. The third formation (**Sd/CA**) occurs to the west of the previous two, on flatter areas of coarse sand: woody species are uncommon and *Panicum maximum* is again the main constituent of the field layer, accompanied by a few plants of *Cyperus jeminicus* and *Aristida papposa*. The fourth formation (**Sp/LP**) occurs on dune sands to the south of the Manga and, in addition to the common shrub species of the region, is characterized by the presence of *Salvadora persica*, a non-thorny evergreen species much appreciated by camels : the perennial field layer comprises *Aristida pallida* and *Cymbopogon schoenanthus*.

It is clear that this northern area is marginal for livestock production. The very variable climatic conditions lead to its exclusion as a livestock raising area. It is not impossible, however, that in years of relatively favourable rainfall the annual field layer can be used by stock if providing temporary water sources are available.

Centre subdivision

This subdivision receives more rain than the northern one and in normal years, along with the south subdivision, is the true pastoral area of the Sahel.

The shrub layer is more regular and relatively dense in the interdune depressions. The most common woody species are still *Acacia raddiana* and *Leptadenia pyrotechnica*. The second of these has become more widespread since the drought, probably because of less competition for water from other species. Its spread, however, is localized and its density changes over very short periods. Amongst other species are *Commiphora africana*, which has suffered less here than in the north, *Balanites aegyptiaca* and *Ziziphus mauritiana*. In addition, *Acacia senegal* begins to appear on some favourable sites.



La quatrième formation (**Sp/LP**), sur sable dunaire au sud du Manga, a une strate arbustive caractérisée, en plus des ligneux communs à cette région, par *Salvadora persica*. C'est un arbuste non épineux et toujours vert, apprécié des dromadaires. La strate herbacée vivace est composée de *Aristida pallida* et *Cymbopogon schoenanthus*.

Du point de vue pastoral, il est évident que cette subdivision du Nord est une zone marginale du pastoralisme sahélien. Les conditions climatiques aléatoires qui prévalent actuellement amènent à exclure cette partie du Sahel d'un domaine pastoral d'élevage. Cependant, il n'est pas impossible que, à la faveur de précipitations relativement abondantes, des troupeaux puissent profiter d'un tapis herbacé annuel fourni, si les mares temporaires de saison des pluies permettent l'abreuvement.

La subdivision du Centre

Elle reçoit une quantité de pluie supérieure à la précédente et, en année normale, elle constitue, avec la subdivision du Sud, la zone pastorale par excellence du Sahel.

La strate arbustive de la steppe est plus régulière et relativement bien fournie dans les creux interdunaires. Les ligneux les plus communs sont toujours *Acacia raddiana* et *Leptadenia pyrotechnica*. Cette dernière espèce a pris après la sécheresse une extension considérable, probablement à cause de la diminution de la concurrence pour l'eau avec les autres ligneux. Cependant, cette extension est localisée et sujette à d'importantes variations de densité dans des périodes de temps très courtes. Parmi les autres espèces, signalons *Commiphora africana* qui a mieux résisté à ces latitudes, puis *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana* ; de plus, *Acacia senegal* commence à être présent dans certaines stations favorables.

Avant la sécheresse, les espèces herbacées vivaces étaient bien représentées dans cette subdivision du Centre avec *Panicum turgidum*, concurrencé par *Cyperus jeminicus*, *Aristida pallida*, *Cymbopogon schoenanthus*. Actuellement, en raison de la sécheresse, elles ont considérablement régressé, mais se retrouvent sous forme de pieds isolés, à l'exception de *Panicum turgidum* qui s'est développé. De ce fait, il est très recherché par les animaux et ses touffes sont souvent broutées à ras.

Les herbacées annuelles sont toujours les plus sensibles aux variations des précipitations, mais en saison des pluies normale, le tapis herbacé est continu. Les espèces les plus fréquentes sont : *Aristida mutabilis*, *A. funiculata*, *Cenchrus biflorus*, *Schoenefeldia gracilis* et *Eragrostis tremula*. Après la sécheresse, l'extension de *Cenchrus biflorus* a été observée au Niger (PEYRE de FABREGUES, 1986) au point de devenir, selon les stations, entièrement dominante.

Ce vaste territoire de la subdivision du Centre peut être scindé en plusieurs entités, selon la géomorphologie et la situation topographique. C'est ainsi que, de l'ouest à l'est, on décrira les plateaux pénéplanés, les grands ensembles sableux du Centre, les systèmes sableux entourant le Koutous et les plateaux bas, situés de part et d'autre de la vallée fossile de la Dillia. L'un d'entre eux s'étend jusqu'au Tchad.

Les plateaux sableux pénéplanés de l'Ouest (Sp/RL) à strate arbustive composée des espèces communes à cette zone sahélienne. Avant la sécheresse la strate herbacée vivace était composée de *Cyperus jeminicus*, *Aristida pallida* et *Stipagrostis uniplumis*, actuellement raréfiés. La strate herbacée annuelle est à base de graminées communes à ces situations : *Aristida funiculata* et *A. mutabilis*.

Les grands ensembles sableux du Centre regroupent trois formations différenciées par leur modelé :

- les dunes irrégulières, escarpées, du sud du massif de Termit et à l'ouest de la vallée de la Dillia (**Sd/LP**), dont la strate ligneuse est composée de *Leptadenia pyrotechnica* et *Acacia raddiana*, ce dernier localisé dans les dépressions. *Panicum turgidum* est bien présent, accompagné de *Aristida pallida*, de *Cyperus jeminicus* et de *Cymbopogon schoenanthus* ;
- les dunes régulières situées à l'est du Koutous (**Sd/RP**), entaillées d'*ouadi* orientés nord-ouest/sud-est. Dont la strate ligneuse est surtout composée de *Acacia raddiana*, accompagné des ubiquistes et de *Commiphora africana*, très affecté par la sécheresse. La strate herbacée vivace comprenait toutes les espèces communes, dominées par *Aristida pallida* ;
- les ondulations dunaires régulières (**So/RL**), sont situées géographiquement entre les deux précédentes. Elles sont occupées par une steppe à

Perennials were well represented in the field layer before the drought. These included *Panicum turgidum* in association with *Cyperus jeminicus*, *Aristida pallida* and *Cymbopogon schoenanthus*. As a result of the drought, and except for *Panicum turgidum* which has increased, these species are now reduced to a few isolated tufts. *Panicum turgidum* is thus the main feed source, sought out by animals and eaten right down to the ground.

Annual herbaceous species are always the most susceptible to rainfall variation. In normal years, however, they form a continuous ground cover. The most common species are *Aristida mutabilis*, *A. funiculata*, *Cenchrus biflorus*, *Schoenefeldia gracilis* and *Eragrostis tremula*. Since the drought *Cenchrus biflorus* has become dominant to such an extent in Niger that in some places it is almost the only species present (PEYRE DE FABREGUES, 1986).

The vast area of the Centre subdivision can be split into several units in relation to geomorphology and topographic position. From west to east these units are the peneplain plateaux, the great sand units of the centre, the sandy units around Koutous and the low plateaux on each side of the fossil valley of Dillia. One of these extends into Chad.

The tree layer of the sandy peneplain plateaux of the west (**Sp/RL**) comprises the common Sahel species. Before the drought in the field layer, the perennial species here were *Cyperus jeminicus*, *Aristida pallida* and *Stipagrostis uniplumis* although these have become rare since the drought. Annuals in the field layer are mainly *Aristida funiculata* and *A. mutabilis*, always the most common in this situation.

The great sand units of the centre have three different formations :

- The irregular steep dunes to the south of the Termit Massif and to the west of the Dillia valley (**Sd/LP**) have a woody layer of *Leptadenia pyrotechnica* and *Acacia raddiana* with the second being confined to low lying areas. *Panicum turgidum* is well represented in the field layer accompanied by *Aristida pallida*, *Cyperus jeminicus* and *Cymbopogon schoenanthus*.
- The regular dunes to the west of Koutous (**Sd/RP**), cut by wadis aligned northwest/southeast have a woody layer that is mostly *Acacia raddiana* accompanied by other common species and *Commiphora africana* although these have been very much affected by the drought. The field layer has all the common perennials, dominated by *Aristida pallida*.
- The regular undulating dunes (**So/RL**) are situated between the two preceding formations and have shrub grassland dominated by *Acacia raddiana*, *Leptadenia pyrotechnica* and *Salvadora persica*. The most common perennial in the field layer, *Cymbopogon schoenanthus*, is now uncommon as are other perennials such as *Cyperus jeminicus*.

The annual component of the field layer of these three formations has the common species *Aristida mutabilis* and *A. funiculata* together with *A. adscensionis*, *Eragrostis tremula*, *Schoenefeldia gracilis* and *Dactyloctenium aegyptiacum*. Another grass, *Cenchrus biflorus*, can become dominant.

The sandy systems around Koutous comprise four formations :

- The first is one of steep dunes at the foot of and inside Koutous (**Sd/CP**) in which the woody layer is mainly *Leptadenia pyrotechnica* whereas the field layer is dominated by *Cymbopogon schoenanthus*, a species relatively sensitive to drought.
- Regularly undulating dunes (**So/SA**) that literally encircle Koutous and with a relatively rich woody layer of *Acacia raddiana*, *A. senegal*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica* and *Commiphora africana* but with no field layer are the second formation.
- The third is the deep peneplain sands (**Sp/RC**) to the north of Koutous which has a woody layer identical to the first but whose field layer comprises *Cymbopogon giganteus*, *Cyperus jeminicus* and *Aristida pallida* although all of these, and particularly the first, have been reduced by the drought.
- The fourth is a transitional formation (**Po/RC**) placed latitudinally between second (**So/SA**) and third (**Sp/RC**) formations to the north of Koutous.

The low sandy plateaux to the north and west of Lake Chad have two very similar formations in terms of geomorphology and species composition :



Acacia raddiana, *Leptadenia pyrotechnica* et *Salvadora persica*. La graminée vivace dominante, *Cymbopogon schoenanthus*, est devenue rare, ainsi que les autres vivaces, telles que *Cyperus jeminicus*.

Le tapis herbacé annuel de ces trois formations est constitué par les espèces les plus communes, *Aristida mutabilis* et *A. funiculata*, accompagnées de *A. adscensionis*, *Eragrostis tremula*, *Schoenefeldia gracilis* et *Dactyloctenium aegyptium*. Une autre graminée, *Cenchrus biflorus*, peut devenir dominante.

Les systèmes sableux entourant le Koutous regroupent quatre formations également différenciées par leur modelé :

- les dunes à fort relief, du pied et de l'intérieur du Koutous (**Sd/CP**) dont la strate ligneuse est caractérisée par *Leptadenia pyrotechnica*, tandis que la strate herbacée est dominée par *Cymbopogon schoenanthus*, espèce relativement sensible à la sécheresse;
- les dunes régulièrement ondulées (**So/SA**) entourant littéralement le Koutous, qui possèdent une strate ligneuse relativement riche à *Acacia raddiana*, *A. senegal*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica* et *Commiphora africana*, alors que la strate vivace est inexistante ;
- les sables épais et pénéplanés (**Sp/RC**) du nord du Koutous qui portent une strate ligneuse identique. En revanche, la strate vivace est formée de *Cymbopogon giganteus*, *Cyperus jeminicus* et *Aristida pallida* devenus rares à cause de la sécheresse, en particulier le premier ;
- une formation intermédiaire (**Po/RC**) de transition, située en latitude entre les ondulations dunaires régulières (**Sc/SA**) et les sables épais pénéplanés (**Sp/RC**) du nord du Koutous.

Les plateaux sableux bas du nord et de l'ouest du Lac Tchad sont constitués de deux formations très proches par la géomorphologie et la composition floristique :

- le plateau sableux à *Salvadora persica* (**Sp/SC**), qui s'étend de l'est de Kiriguin jusqu'à Nguigmi au Niger. Avec ce ligneux se développent *Leptadenia pyrotechnica* et *Acacia raddiana*. La strate herbacée vivace est composée de *Cyperus jeminicus* et *Aristida pallida*. Le plateau est parsemé de dépressions où se développe le palmier doum, *Hyphaene thebaica* ;
- le plateau sableux à *Acacia raddiana* (**Sp/RA**), qui s'étend du nord de Nguigmi jusqu'au Tchad (sud de Nokou). La strate arbustive de cette formation peut être localement dense, avec *Balanites aegyptiaca* et *Leptadenia pyrotechnica*. La strate herbacée vivace est composée principalement de *Cyperus jeminicus*, espèce qui a été très affectée par la sécheresse mais qui a montré une grande capacité de régénération dès que les conditions climatiques sont redevenues normales.

La strate herbacée annuelle des trois formations entourant le Koutous et des deux formations des plateaux sableux bas est composée des graminées habituelles, *Aristida mutabilis*, *A. funiculata*, *Eragrostis tremula*, *Schoenefeldia gracilis* et *Cenchrus biflorus*, ce dernier pouvant devenir localement dominant.

La subdivision du Sud

Elle englobe des formations situées au Niger s'étendant jusqu'au Tchad. Elle déborde également au Nigeria au sud du 13^e parallèle. Elle occupe ainsi des zones recevant des précipitations pouvant dépasser 400 millimètres ce qui, assorti d'une bonne répartition, assure une production fourragère sahéenne élevée. La texture du substrat permet de séparer deux entités : des plateaux sableux, parfois à dépressions, et des étendues sablo-limoneuses, dites du Kadzell, proches du Lac Tchad et souvent hydromorphes, lorsque le Lac est à une cote "normale".

Les plateaux sableux sont composés de cinq formations qui se distinguent par la composition floristique et la granulométrie :

- la première, arbustive (**Sp/RS**), est caractérisée par *Acacia raddiana*, *A. senegal*, *Commiphora africana* et *Leptadenia pyrotechnica*. Elle se développe au Niger, où *Salvadora persica* s'ajoute à la strate arbustive, au nord de Maïné-Soroa. Au Tchad elle s'observe près du lac, au niveau de Liwa et également sous forme d'une large bande de Ngouri à Moussoro. Dans ce pays, la strate herbacée vivace est quasi inexistante, tandis qu'au Niger on signale la présence de *Andropogon gayanus* et d'une graminée annuelle, *Diheteropogon hagerupii* ;
- toujours sur plateau sableux, on observe au Tchad une étonnante formation inarbustive (**Sp/LH**) essentiellement sur le plateau du Harr. Avant la



Photo 1 : Sahel (Kanem) en saison des pluies : steppe arbustive à épineux (cliché, A. GASTON).

Photo 1 : Kanem : the sahel thorny bush steppe in rainy season (Photo, A. GASTON).

- The first is the sandy plateau with *Salvadora persica* (**Sp/SC**) plus *Leptadenia pyrotechnica* and *Acacia raddiana* as minor constituents with the Doum palm *Hyphaene thebaica* in the few depressions that extends from east of Kiringuim to N'Guigmi in Niger: perennials in the field layer are *Cyperus jeminicus* and *Aristida pallida*.
- Sandy plateaux with *Acacia raddiana* (**Sp/RA**) extending from N'Guigmi to south of Nokou in Chad is the second formation: the woody layer may be fairly dense locally with *Balanites aegyptiaca* and *Leptadenia pyrotechnica* while the perennial field layer is mainly *Cyperus jeminicus* and, although this species was badly affected by the drought, it regenerates well as soon as climatic conditions return to normal.

The annual herbaceous layer of the three formations surrounding Koutous and the two formations of the low sandy plateaux is dominated by the usual species, *Aristida mutabilis*, *A. funiculata*, *Eragrostis tremula* and *Schoenefeldia gracilis*. *Cenchrus biflorus* is also present and may become dominant.

South subdivision

This subdivision comprises formations in Niger that extend into Chad and Nigeria south of 13°N. Rainfall in this area may exceed 400 mm which, together with good distribution, ensures high levels of fodder production. Soil texture allows two entities to be identified: sandy plateaux with some depressions; and sandy-loam plains, called Kadzell, close to Lake Chad and often marshy when the lake is at "normal" level.

Species composition and soil texture allow five formations to be identified on the **sandy plateaux** :

- The first is a shrub type (**Sp/RS**) typified by *Acacia raddiana*, *A. senegal*, *Commiphora africana* and *Leptadenia pyrotechnica*. *Salvadora persica* is added to this formation in Niger north of Maïné-Soroa. In Chad it is found close to the lake at the level of Liwa and also in a wide band from N'Gouri to Moussoro. In Chad the field layer is very sparse whereas in Niger *Andropogon gayanus* as well as the annual grass *Diheteropogon hagerupii* are present.
- The second formation is a surprising with no woody species (**Sp/LH**). Before the drought this formation could, because of the height of its perennial grasses, including *Hyperthelia dissoluta*, *Aristida longiflora*, *Andropogon gayanus* and *Cymbopogon giganteus*, be described as a savanna. Now, following several fluctuations, there are a very few isolated tufts of perennials, the field layer being mostly annuals, mainly *Aristida mutabilis*. *Leptadenia pyrotechnica*, usually found as isolated bushes has become, locally and temporarily, much commoner.
- On the Mitimi Plateau in Niger and extending slightly into Chad the third formation occurs on coarse sands (**Sg/LS**). This is mainly of *Leptadenia pyrotechnica* and *Salvadora persica* in the woody layer. *Panicum turgidum* occupies the crests of small dunes and *Cyperus jeminicus* is also appearing here, again showing its remarkable resilience. Finally there are two formations.
- In Nigeria (**S/RL**, **Sh/RL**) on the sandy plateaux south of Kumadugu with a woody layer similar to the preceding formations and, as usual, dominated by *Acacia raddiana*. The second of these formations, close to the lake has a field layer of swamp vegetation in its shallow basins



sécheresse, cette formation pouvait, en raison de la taille de ses graminées vivaces, être qualifiée de savane. Il y avait *Hyperthelia dissoluta*, *Aristida longiflora*, *Andropogon gayanus* et *Cymbopogon giganteus*. Actuellement, après quelques péripéties, il ne subsiste plus que quelques pieds isolés, le tapis herbacé est à base d'annuelles, avec *Aristida mutabilis*. L'arbuste *Leptadenia pyrotechnica*, ordinairement à l'état d'individus isolés, a pu prendre localement et temporairement une extension remarquable ;

- au Niger, sur le plateau de Mitimi, mais débordant légèrement au Tchad, se développe une formation sur sables grossiers (**Sg/LS**) avec une strate arbustive à *Leptadenia pyrotechnica* et surtout *Salvadora persica*. *Panicum turgidum* occupe le sommet des petites élévations dunaires, tandis que s'installe *Cyperus jeminicus* qui, dans ces régions, a fait également preuve d'une étonnante capacité de régénération ;

- enfin, au Nigeria, deux formations (**S/RL**, **Sh/RL**) s'étendent sur les plateaux sableux au sud de la Komadougou avec une strate arbustive voisine des précédentes et toujours dominée par *Acacia raddiana*. La seconde, très proche du Lac, présente des phénomènes d'hydromorphie dans des cuvettes peu profondes dont la végétation herbacée est caractérisée par *Sporobolus helvolus*, *Echinochloa colona* et *Panicum laetum*. La strate annuelle de ces cinq formations est souvent continue et abondante, toujours marquée par la présence de *Aristida mutabilis*, *Eragrostis tremula* et *Cenchrus biflorus*.

Les formations végétales du Kadzell sont au nombre de trois, dont deux sur substrat sablo-limoneux, la troisième présentant un faciès intermédiaire. Ces formations, situées au sud de Nguigmi, à l'ouest du Lac Tchad, ont une altitude moyenne voisine du niveau maximal du Lac. Elles peuvent être facilement engorgées aux hautes eaux. On observe donc :

- deux formations sur substrat sablo-limoneux (**M/SP**, **KM/PA**). Elles ont une strate ligneuse dense à *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia senegal*, *A. raddiana*, *Boscia senegalensis* et *Salvadora persica*. Il n'y a pas de strate herbacée vivace, seulement *Sporobolus helvolus* et *S. spicatus* dans les dépressions engorgées de saison des pluies, accompagnées de l'annuelle *Panicum laetum* ;

- la troisième formation du Kadzell (**Sp/PL**) est située au nord de la ligne Maïne-Soroa-Diffa. Son modelé est un mélange de plateau sableux et de modelé du Kadzell sablo-limoneux. La strate arbustive, fournie, est composée de *Acacia raddiana*, *A. senegal* et *Balanites aegyptiaca*.

S'il n'y a pas de strate herbacée vivace, en dehors des dépressions à *Sporobolus* spp., la strate herbacée annuelle est bien présente, souvent avec des couverts continus. Elle est composée des graminées habituelles dans ces situations : *Schoenefeldia gracilis*, *Eragrostis tremula*, *Cenchrus biflorus* et *Aristida mutabilis*. Dans les dépressions se développe *Panicum laetum*, excellente graminée de fin de saison des pluies, dont les graines sont utilisées en alimentation humaine.

Les zones hydromorphes : vallées fossiles et dépressions

Les vallées fossiles

Ce sont les vallées fossiles du Niger dont la plus importante est celle de la Dillia ; au Quaternaire, elles communiquaient avec le Lac Tchad (**Vn/RA**, **Vc/SA**). L'accumulation d'eau au cours de la saison des pluies favorise le développement de la végétation. La strate ligneuse est plus dense bien que quasiment composée des mêmes espèces, c'est-à-dire *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana*. Cependant, on note deux espèces d'acacia : *A. ehrenbergiana* et *A. laeta*.

Il n'y a pas de strate herbacée vivace. La strate herbacée annuelle, pouvant être dense en raison des conditions édaphiques, est composée des espèces de la steppe voisine : *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Cenchrus biflorus* et *Dactyloctenium aegyptium*.

Les dépressions

Elles sont de trois types :

- la dépression du Bahr el Ghazal, au Tchad (**HB/Spp**). C'est un défluent du Lac Tchad qui, en 1962, a été rempli jusqu'à Massakory. Elle est argilo-limoneuse et, localement, peut être recouverte par des placages sableux ou former des mares temporaires importantes et de longue durée. Celles-ci sont caractérisées par une strate ligneuse à *Acacia nilotica*, espèce très recherchée comme bois de feu.

La strate ligneuse de la dépression est composée de *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Maerua crassifolia*, *Capparis decidua*, *Salvadora persica* et *Boscia senegalensis*, ce dernier étant particulièrement abon-

disant *Sporobolus helvolus*, *Echinochloa stagnina* et *Panicum laetum*. Annual species in the field layer of these five formations often form a continuous and thick cover and are as usual characterized by the presence of *Aristida mutabilis*, *Eragrostis tremula* and *Cenchrus biflorus*.

Three formations are found in the Kadzell, two being on sandy-loam soils, the third being of an intermediate type. Situated to the south of N'Guigmi and to the west of Lake Chad, these formations are at about the highest lake level and may be submerged at high water :

- The two formations on sandy-loams (**M/SP**, **KM/PA**) have a dense woody layer of *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia senegal*, *A. raddiana*, *Boscia senegalensis* and *Salvadora persica*: there are no perennials in the field layer except for *Sporobolus helvolus* and *S. spicata* in depressions that are flooded in the rainy season, where the annual *Panicum laetum* is also present.

- The third Kadzell formation (**Sp/PL**) is found to the north of a line from Maïne-Soroa to Diffa. Its relief is a mixture of sandy plateaux and the Kadzell sandy-loam and its well-developed woody layer comprises *Acacia raddiana*, *A. senegal* and *Balanites aegyptiaca*.

Even though there are no perennials in the field layer except *Sporobolus* spp. in the depressions there is a good, often continuous, cover of annuals. The usual annual grasses are present including *Schoenefeldia gracilis*, *Eragrostis tremula*, *Cenchrus biflorus* and *Aristida mutabilis*. *Panicum laetum* is found in the depressions at the end of the rainy season, an excellent grass whose seeds are used as human food.

Swampy areas : fossil valleys and depressions

Fossil valleys

The Dillia is the major fossil valley of the Niger. During the Quaternary these valleys were in direct contact with Lake Chad (**Vn/RA**, **Vc/SA**). The collection of water during the rainy season encourages vegetation development, the woody layer being more dense than the non valley areas although it comprises essentially the same species of *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca* and *Ziziphus mauritiana*. *Acacia ehrenbergiana* and *A. laeta* are also present.

There are no perennials in the field layer but annuals can be dense due to the soil conditions and comprise the same species as the neighbouring dry areas including *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Cenchrus biflorus* and *Dactyloctenium aegyptiacum*.

Depressions

Depressions are of three types :

- the first is the Bahr-el-Ghazal depression in Chad (**HB/Spp**) which is a tributary of Lake Chad. In 1962 this was flooded up as far as Massakory. The soil is a clay-loam which may be covered by sand in some places. Some big and relatively long lasting pools occur where the woody layer is dominated by *Acacia nilotica*, a species much appreciated as fuel wood. Also present in the woody layer are *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Maerua crassifolia*, *Capparis decidua* and *Salvadora persica*. *Boscia senegalensis* is especially common. Other thorny species such as *Acacia seyal* and *A. laeta* are also present. Some species with a normally more southerly distribution, including *Piliostigma reticulatum* and *Hyphaene thebaica* can also be seen.

The field layer is composed of annuals only, these being the same as those of the neighbouring dry areas and including *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis* and *Chloris* spp. The lower lying areas are occupied by *Echinochloa colona* and *Panicum laetum*.

- the second type of depression is the interdune hollows of the main sand areas (**Ou/RB**), these commonly being known as wadis. They do not normally have a particular vegetation type but contain the same species as, although in greater abundance than, the neighbouring uplands. The water table is close to the surface and many wadis contain a well. Some, such as Mao, are used for cropping.

- the third type of depression is those to the south of Harr and on the north shore of Lake Chad (**H/ST**). The southern part of the Harr Plateau is bordered by a series of depressions with dense stands of *Hyphaene thebaica* which has withstood the effects of the drought. This species becomes less common towards the west and the east and is not present in the depressions of the north shore of the lake because of the high salt content of the soil. The field layer is almost entirely of annuals with some *Sporobolus helvolus*.



dant. D’autres épineux s’y développent tels *Acacia seyal* et *A. laeta*. On observe également des espèces plus méridionales, comme *Piliostigma reticulatum* et *Hyphaene thebaica*.

Il n’y a pas d’espèces vivaces, seulement les annuelles de la steppe, *Aristida mutabilis* et *Schoenefeldia gracilis*, *Chloris* spp. Les parties les plus basses sont occupées par *Echinochloa colona* et *Panicum laetum*.

Les conditions écologiques favorables font que cette dépression, qui reverdit en début de saison des pluies avant la steppe voisine, est très fréquentée à cette période de l’année, les troupeaux trouvant là eau et nourriture ;

- les dépressions interdunaires des ensembles sableux (**Ou/RB**). Désignées sous le nom d’*ouadi*, elles n’abritent pas, dans la majorité des cas, de végétation spécifique, on retrouve les espèces de la steppe voisine, mais plus abondantes. La nappe phréatique est plus accessible, leur fond est souvent occupé par un puits. Certaines, comme celle de Mao, sont cultivées;

- les dépressions du sud du Harr et de la rive nord du Lac Tchad (**H/ST**). Le sud du plateau du Harr est bordé d’une série de dépressions densément occupées par une formation à *Hyphaene thebaica* qui, malgré tout, a résisté à la sécheresse. Cette espèce se raréfie vers l’ouest et est inexistante dans les dépressions qui bordent la rive nord du Lac Tchad , certainement en raison de la forte teneur en natron. Elles n’abritent qu’un tapis d’annuelles auxquelles s’ajoute *Sporobolus helvolus*.

Les reliefs

Ils n’existent qu’au Niger. Ce sont les massifs de Termit et du Koutous (**Tm/SC, Kt/CC**) où la végétation est localisée dans les fentes des rochers et dans les petites ravines. Ces rochers n’abritent pas une flore endémique, seulement quelques espèces particulières ; leur végétation n’a pas d’intérêt pastoral :

- le massif de Termit est caractérisé par *Commiphora quadricincta*, *Boscia senegalensis* et *Acacia ehrenbergiana*, accompagnés d’herbacées telles que *Aristida hordeacea*, *A. funiculata* et *Eleusine compressa*. Trois espèces non graminéennes s’y développent : *Eremobium aegyptiacum*, *Chascanum marrubiifolium* et *Zygophyllum simplex* ;

- le massif du Koutous abrite *Commiphora africana*, *Acacia laeta*, *Dichostachys cinerea*, *Boscia senegalensis*, *Grewia* spp. et *Combretum micranthum*. Il a, pour annuelles *Tetrapogon cenchrifomis* et les annuelles de la steppe.

Le secteur sahélo-soudanien

Ce secteur, dont les limites ont déjà été précisées au début du chapitre, constitue la zone de contact entre l’écosystème pastoral sahélien dévolu à l’élevage extensif, en raison des précipitations limitées, et la zone agricole. En effet, à partir de 400 millimètres, les cultures pluviales de mil et de sorgho sont possibles. Depuis quelques décennies, les populations pratiquent également la culture du sorgho repiqué de décrue, désigné sous le nom de *mus kari* au nord du Cameroun et de *berbé* au Tchad. Ces activités, accentuées par la sécheresse, vont exercer une très forte pression sur le milieu naturel qui se traduira par l’existence de formations anthropiques.

Le substrat est constitué de sables fixés, se présentant sous forme de plaines et de sables limoneux, l’ensemble étant parsemé de mares et de vastes dépressions à fonds argileux (vertisols).

La végétation est toujours une steppe arbustive passant localement à une steppe arborée. Les combrétacées dominent : *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicennoides* et *Anogeissus leiocarpus* ainsi qu’un autre ligneux, *Sclerocarya birrea*. Les épineux ne sont pas toutefois totalement absents, avec *A. senegal* sur les sables, *A. seyal* et *A. nilotica* dans les dépressions temporairement inondées. Les herbacées vivaces sont rares, bien que nous soyons, dans ce secteur, dans la zone nord de l’extension de *Andropogon gayanus*. En revanche, les graminées annuelles sont différentes, plus grandes et plus dures pour la dent du bétail, ce qui les rend difficilement consommables pendant la saison sèche.

Les formations sur sables

Elle se situent essentiellement au Nigeria et au Tchad.



Photo 2 : Steppe arbustive à combrétacées, région de Moyto (cliché A. GASTON).
Photo 2 : Steppe with combretaceae-bush in the Moyto region. (Photo, A. GASTON).

Hill areas

These areas, the Termit and Koutous Massifs (**Tm/SC, Kt/CC**), only occur in Niger. Vegetation is restricted to rock clefts and narrow ravines. There are no endemic species but some interesting ones. The vegetation has no value for livestock production.

The Termit Massif is characterized by *Commiphora quadricincta*, *Boscia senegalensis* and *Acacia ehrenbergiana*. Grasses in the field layer are *Aristida hordeacea*, *A. funiculata* and *Eleusine compressa* accompanied by the dicotyledons *Eremobium aegyptiacum*, *Chascanum marrubiifolium* and *Zygophyllum simplex*.

Vegetation of the Koutous Massif comprises *Commiphora africana*, *Acacia laeta*, *Dichrostachys cinerea*, *Boscia senegalensis*, *Grewia* spp. and *Combretum micranthum*. *Tetrapogon cenchrifomis* appears in the field layer along with the other annual grasses of dry areas.

The sahelo-sudanian sector

The sahelo-sudanian sector is the transition zone from the Sahel extensive pastoral ecosystem to the agricultural zone. Millet and sorghum cropping is possible at annual rainfalls of more than 400 mm. In recent decades the cultivation of falling flood sorghum, known as *Muskari* in north Cameroon and *Berbéré* in Chad, has also been introduced. These activities, which have become more common during the drought, have a major effect on the environment and lead to the development of vegetation formations strongly influenced by man.

Soil types are fixed sands in the form of extensive plains and sandy-loams. The whole is sprinkled with temporary ponds and large depressions with clay soils.

Vegetation is mainly a shrub grassland but in places a wooded grassland is present. The Combretaceae are dominant, including *Combretum glutinosum*, *Terminalia avicennoides* and *Anogeissus leiocarpus*: *Sclerocarya birrea* is also common. Some thorny species do remain, however, including *Acacia senegal* on sand and *A. seyal* and *A. nilotica* in seasonally flooded depressions. Perennials in the field layer are uncommon even though this is the northern limit of *Andropogon gayanus*. Annual grasses are not the same as to the north, are taller and less palatable to livestock, and have little feed value during the dry season.

Formations on sand

Vegetation formations on sand in Nigeria (S/GS, S/GA, Sf/GA)

They are characterized by the presence of the small shrub, *Guiera senegalensis*, a pioneer species in fallow and indicative of strong human influence. The first formation is found in the west of the Lake Chad Basin on either side of the Kumadugu Gana whereas the other two are to the north of the fossil sand dune belt running from Maiduguri to Bama.



Les formations sur sables du Nigeria (S/GS, S/GA, Sf/GA)

Elles sont caractérisées par la présence de *Guiera senegalensis*, petit arbuste qui traduit une forte pression anthropique. C'est une espèce pionnière de jachère. Il existe trois formations sur sables au Nigeria. La première se situe à l'ouest du Bassin du Lac Tchad, de part et d'autre de la Kumadugu Gana ; les deux autres se situent au nord du cordon dunaire fossile de Maiduguri-Bama.

Ces formations sont donc caractérisées par une strate arbustive à *Guiera sene-galensis* accompagné de *Acacia senegal* et *Combretum glutinosum*. Elles peuvent porter localement des parcs anthropiques à *Acacia albida*. Il n'y a pas de strate vivace, *Andropogon gayanus* ayant régressé. La strate annuelle est encore à graminées fines du Sahel avec *Schoenefeldia gracilis*, *Eragrostis tremula*, *Schizachyrium exile* et *Brachiaria xantholeuca*. Les dépressions à *Acacia nilotica* ont une strate herbacée à *Echinochloa colona* et *Panicum laetum* très rapidement exploitée dès la fin de la saison des pluies.

Les formations sur sables du Nord-Cameroun et du Tchad

Ce sont les plus proches, du point de vue de la végétation, des formations décrites précédemment :

- la première d'entre elles (S/S) s'étend de l'ouest de la Serbewel au Cameroun, jusqu'à Massakory au Tchad. Elle borde la rive sud du Lac Tchad. Elle est imbriquée dans une autre formation (S/SS) sur sables limoneux ; il s'agit là d'une zone de transition.

La strate arbustive est composée de *Acacia senegal* qui, ponctuellement, peut former des peuplements monospécifiques, véritables gommaraies naturelles. On y note également d'autres épineux : *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Cadaba farinosa* et *Capparis decidua*. Sur un faciès, probablement de dégradation, se développe *Salvadora persica*, ligneux non épineux.

Il n'y a pas de strate herbacée vivace, *Andropogon gayanus* n'ayant pas résisté à la sécheresse. La strate herbacée est donc composée de graminées annuelles fines du Sahel : *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *A. funiculata* et *Chloris pilosa* avec, par place *Pennisetum pedicellatum*. Les dépressions argileuses à *Acacia nilotica* qui parsèment cette formation ont une strate herbacée annuelle à *Echinochloa colona*, *Panicum laetum*. Parfois, ces dépressions sont également occupées par d'autres ligneux : *Mitragyna inermis* et *Acacia seyal* ;

- la deuxième formation (S/AA), de faible étendue, se situe au Tchad, en arrière du cordon dunaire de Massenya. Elle a une composition floristique voisine de la précédente, bien que méridionale. Cette enclave à cette latitude est due à la nature du substrat. Elle renferme de nombreuses dépressions à *Mitragyna inermis* et *Acacia ataxacantha* qui forment des fourrés très denses, impénétrables.

Les formations sur sables limoneux

Elles constituent les véritables formations sahélo-soudaniennes. La strate ligneuse est maintenant dominée par les combrétacées, le couvert des cimes peut atteindre 50 p. 100 et certains arbres dépassent 7 mètres de hauteur :

- deux formations, proches floristiquement, se développent au Tchad, au nord de la route N'Djaména-Ati (S/AP, S/PS). La première se caractérise par *Anogeissus leiocarpus*, *Terminalia avicennoides*, *Sclerocarya birrea* et *Dalbergia melanoxylon*. On peut y observer des bouquets de *Hyphaene thebaica*. Cette formation s'étend également vers le sud, on l'observe à l'ouest de la route Dourbali-Massenya où elle est la plus développée. Au nord, une combrétacée arbustive, *Combretum glutinosum*, peut être dominante à la place de *Anogeissus leiocarpus*. *Guiera senegalensis* n'est pas absent de la strate ligneuse, témoignant, avec *Balanites aegyptiaca*, de la pression anthropique. Il n'y a pas de strate herbacée vivace proprement dite, mais on a toujours observé des pieds isolés de *Andropogon gayanus*, *Aristida pallida*, *Cyperus jeminicus* et *Cymbopogon giganteus*. En revanche, la strate herbacée annuelle est très fournie, avec un mélange de graminées fines et de graminées plus grossières. *Hyparrhenia bagirmica* s'ajoute, au point de devenir dominante, aux graminées fines du Sahel : *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Schizachyrium exile* et *Chloris pilosa*.

- une troisième formation (S/AT), caractérisée par *Anogeissus leiocarpus* et *Terminalia avicennoides*, dénommée parfois "savane des sables du Chari-Baguirmi" a un développement optimal à l'est du Chari, au voisinage du 12^e parallèle jusqu'à Moyto, sans dépasser la route Massaguet-Ngoura. Au sud, elle ne dépasse pas le Bahr Erguig. Sa strate ligneuse est

Guiera senegalensis is accompanied by *Acacia senegal* and *Combretum glutinosum* in the woody layer. In some areas there are man-introduced *Acacia albida*. There are no perennials in the field layer as *Andropogon gayanus* has disappeared. Annuals in the field layer are still those of the Sahel including *Schoenefeldia gracilis*, *Eragrostis tremula*, *Schizachyrium exile* and *Brachiaria xantholeuca*. Depressions containing *Acacia nilotica* have *Echinochloa colona* and *Panicum laetum* in the field layer, these being very quickly eaten at the end of the rainy season.

Formations on sand in north Cameroon and Chad

They are very similar to those in Nigeria :

- the first (S/S) extends from the Serbewel in Cameroon to Massakory in Chad and borders the southern shore of Lake Chad. This formation forms a mosaic with formation S/SS on sandy-loam soils.

The tree layer comprises *Acacia senegal*, which may be the only species in some areas and here forms a veritable gum garden. Other thorny species include *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Cadaba farinosa* and *Capparis decidua*. In some place, probably due to degradation, *Salvadora persica* is present. Here again there is no perennial in the field layer as *Andropogon gayanus* has not withstood the drought. The field layer thus consists of the fine annual grasses of the Sahel, including *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *A. funiculata* and *Chloris pilosa* with, in some places, *Pennisetum pedicellatum*. The scattered clay depressions containing *Acacia nilotica* have an annual field layer of *Echinochloa colona* and *Panicum laetum*. These depressions also sometimes contain other woody species such as *Mitragyna inermis* and *Acacia seyal* ;

- the second formation (S/AA) occurs on only a small area in Chad behind the dune line of Massenya. Its vegetative composition is similar to that of the previous formation even though it is to the south. This enclave at this latitude results from the soil type. It contains many depressions containing *Mitragyna inermis* and some impenetrable thickets of *Acacia ataxacantha*.

Formations on sandy-loams

These are truly sahelo-sudanien formations. Crown cover of the woody layer, which is mainly of species of Combretaceae, may be as much as 50 per cent and some trees are more than 7m tall :

- two formations with similar species composition (S/AP, S/PS) occur in Chad, to the north of the N'Djaména-Ati road and extending to the south, west of the Dourbali-Massenya where they are more developed. Typical species of the first formation are *Anogeissus leiocarpus*, *Terminalia avicennoides*, *Sclerocarya birrea* and *Dalbergia melanoxylon*. There are also some groves of *Hyphaene thebaica*. To the north of the formation the shrubby *Combretum glutinosum* may be dominant in place of *Anogeissus leiocarpus*. *Guiera senegalensis* is also present in the woody layer which, along with *Balanites aegyptiaca*, indicates the human influence in the area. There is no real perennial herbaceous layer except for a few isolated tufts of *Andropogon gayanus*, *Aristida pallida*, *Cyperus jeminicus* and *Cymbopogon giganteus*. Annual in the field layer are abundant, these being a mixture of fine and very coarse grasses. *Hyparrhenia bagirmica* here joins the fine Sahel grasses such as *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Schizachyrium exile* and *Chloris pilosa*, and is sometimes dominant ;

- the third formation (S/AT) is sometimes called the Chari-Baguirmi sand savanna and is dominated by *Anogeissus leiocarpus* and *Terminalia avicennoides*. It is best developed to the east of Chari near to the twelfth parallel and up to Moyto but without crossing the road from Massaguet to N'Goura. It is not present to the south of Bahr Erguig. The woody layer is dominated by *Terminalia avicennoides* which is sometimes the only species present, as on the vast dunes running in a southwest-northeast direction to the north of Am Tanabo-Maigana.

Perennials in the field layer are almost absent except for some rare tufts of *Andropogon gayanus* and *Hyperthelia dissoluta*. Annuals are, however, abundant including *Eragrostis tremula*, *Ctenium elegans*, *Schizachyrium exile* and *Hyparrhenia bagirmica*. *Andropogon gayanus* is present to the south of this formation near to Bahr Erguig. This area is occupied more or less temporarily depending on the rainfall conditions and old fallows of *Guiera senegalensis* are not uncommon.

A fourth formation with *Anogeissus leiocarpus* and *Balanites aegyptiaca* (S/AB) is present in Cameroon and Chad. It is found on each side of the 'yaéré' but at too high elevations to be clearly considered a part of this



dominée par *Terminalia avicennioides*, qui forme parfois des peuplements équiennes comme au nord de Am Tanabo-Maigana sur de vastes dunes orientées sud-ouest/nord-est. Elle s’étend jusqu’à Moyto.

La strate herbacée vivace n’est quasiment pas représentée, à part quelques rares pieds de *Andropogon gayanus* et *Hyperthelia dissoluta*. En revanche, la strate herbacée annuelle est abondante avec *Eragrostis tremula*, *Ctenium elegans*, *Schizachyrium exile* et *Hyparrhenia bagirmica*. Notons le développement de *Andropogon gayanus* au sud de la formation, près du Bahr Erguig. Cette zone a fait l’objet d’une occupation humaine, plus ou moins temporaire selon les conditions climatiques; il n’est pas rare d’y découvrir des jachères anciennes à *Guiera senegalensis*.

- enfin, une quatrième formation à *Anogeissus leiocarpus* et *Balanites aegyptiaca* (**S/AB**) se développe au Cameroun et au Tchad, de part et d’autre des Yaérés, mais elle est trop nettement exondée pour être rattachée à cet ensemble édaphique. D’ailleurs, cette situation topographique lui a valu d’être fortement occupée par l’homme, d’où l’importance de *Balanites aegyptiaca*. Les deux ligneux sont accompagnés de *Piliostigma reticulata*, *Stereospermum kunthianum* et *Combretum glutinosum*. La strate herbacée est à annuelles, et composée de *Schoenefeldia gracilis*, *Chloris pilosa* et *Brachiaria xantholeuca*.

Les formations sur les sols halomorphes

Elles se développent sur des sols sableux halomorphes au Nigeria, dans la zone de Komadougou Yobé, et en piedmont extérieur du cordon fossile de Bama :

- la steppe à *Guiera senegalensis* et *Ziziphus mauritania* (**Sh/GA**) se développe en bordure de la Komadougou. La strate arbustive, avec *Guiera senegalensis* et *Ziziphus mauritiana*, traduit la forte pression humaine. On note également *Acacia senegal* et des dépressions à *A. nilotica*. La strate herbacée, seulement annuelle, traduit la nature sableuse du substrat ; elle est composée de *Aristida mutabilis*, *A. funiculata*, *Schizachyrium exile* et *Schoenefeldia gracilis*. *Panicum laetum* occupe les dépressions.

- la steppe à *Ziziphus mauritiana* et les parcs à *Acacia albida* (**Sh/AA**). Elle se situe au sud de Yashua, les parcs à *Acacia albida* y sont abondants. Ils témoignent de l’existence d’anciennes populations pastorales qui les ont développés. La strate herbacée annuelle est à *Schizachyrium exile* et *Schoenefeldia gracilis*, avec des stations à *Panicum laetum*.

- la steppe à *Guiera senegalensis* et *Acacia* spp (**Sh/GS**). On la trouve au nord-ouest de Maiduguri entre Geidam et Magounemi en piedmont du cordon de Bama. La strate arbustive est à *Guiera senegalensis*, *Acacia senegal*, *A. nilotica* dans les dépressions inondables, tandis que la strate herbacée est à *Schizachyrium exile*, *Loudetia togoensis* et *Schoenefeldia gracilis*.

Les formations sur substrat hydromorphe

Elles sont au nombre de trois et se développent surtout au Tchad :

- la steppe à *Acacia nilotica* (**H/N**). Elle s’installe dans les dépressions à argile noire vertique du nord de N’Djaména et du Cameroun dans la Serbewel. *A. nilotica* peut constituer une formation fermée, mais les qualités de son bois pour le feu et la fabrication de charbon de bois font que les mares sont considérablement éclaircies. Elles sont occupées au centre par une sensitive, *Mimosa pigra*, puis par de grands ligneux non épineux : *Crataeva adansonii*, *Mitragyna inermis* et *Diospyros mespiliformis*. Dans la partie longuement inondée, on note des graminées intéressantes pour le bétail : *Echinochloa stagnina*, *Brachiaria mutica* et *Oryza barthii*. En bordure, on observe deux graminées annuelles, recherchées en fin de saison des pluies, *Echinochloa colona* et *Panicum laetum* ;

- la savane arborée du sud du lac Fitri (**Hv/Ak**). Elle est entièrement située au Tchad, au sud du lac Fitri et en piedmont du massif du Guera. Elle se développe sur sols hydromorphes de type vertique, ce qui permet l’installation de *Pseudocedrela kotschyi*, *Piliostigima reticulatum* et *Gardenia ternifolia*. On y observe également *Combretum glutinosum* et *Anogeissus leiocarpus*. La bonne alimentation en eau permet l’installation de *Hyparrhenia* spp. vivaces et de *Andropogon gayanus*, ce qui justifie le terme de savane ;

- la savane arborée à *Terminalia macroptera* (**H/CM**). Elle est étroitement mêlée à la précédente, mais sa composition floristique diffère en raison de la présence d’un pseudo-gley en profondeur. On note donc *T. macroptera*, *Gardenia ternifolia*, *Combretum glutinosum* et *Piliostigma reticulatum*. La strate vivace est identique à celle de la formation précédente, avec *Loudetia* spp.

soil type. In addition, because it is high, it is densely settled by man, hence the presence of *Balanites aegyptiaca*. *Anogeissus leiocarpus* and *Balanites aegyptiaca* are accompanied by *Piliostigma reticulata*, *Stereospermum kunthianum* and *Combretum glutinosum*. The field layer is entirely of annuals including *Schoenefeldia gracilis*, *Chloris pilosa* and *Brachiaria xantholeuca*.

Formations on saline soils

Saline soil formations occur in Nigeria near Kumadugu Yobe and on the outer foothills of the fossil belt of Bama.

Guiera senegalensis and *Ziziphus mauritiana* steppe (**Sh/GA**) occurs on the borders of Kumadugu. The dominant species in the tree layer are witness to the heavy human population pressure. *Acacia senegalensis* also occurs and there are depressions with *A. nilotica*. The field layer, comprising only annuals and, reflecting the sandy soil type, includes *Aristida mutabilis*, *A. funiculata*, *Schizachyrium exile* and *Schoenefeldia gracilis* with *Panicum laetum* occupying the depressions.

The *Ziziphus mauritiana* steppe with many *Acacia albida* groves (**Sh/AA**) is to the south of Yashua. These groves are witness to the former pastoral peoples who developed them. The field layer is again only of annuals with *Schizachyrium exile* and *Schoenefeldia gracilis* and some areas of *Panicum laetum*.

A steppe with *Guiera senegalensis* and *Acacia* spp. (**Sh/GS**) is found to the northwest of Maiduguri between Geidam and Magounemi at the foot of the slopes of the Bama cordon. The tree layer is composed of *Guiera senegalensis* and *Acacia senegal* with *A. nilotica* in depressions liable to flooding. The field layer has *Schizachyrium exile*, *Loudetia togoensis* and *Schoenefeldia gracilis*.

Formations on hydromorphic soils

These formations are in depressions of black clay soils found to the north of N’Djamena and in the Serbewel in Cameroon. They are characterized by solid stands of *Acacia nilotica* (**H/N**) but its use for fuel wood and for making charcoal is such that it has been considerably thinned. In the centre are stands of *Mimosa pigra* and large non-thorny including *Crataeva adansonii*, *Mitragyna inermis* and *Diospyros mespiliformis*. In areas subject to long term flooding useful pasture species include *Echinochloa stagnina*, *Brachiaria mutica* and *Oryza barthii*. *Echinochloa colona* and *Panicum laetum*, which are much sought after annual grasses at the end of the rainy season, are found at the edges of the depressions.

A tree savana (**Hv/Ak**) found only in Chad, is located to the south of Lake Fitri and in the foothills of the Guera Massif on vertisol soils. This allows the growth of *Pseudocedrela kotschyi*, *Piliostigma reticulatum* and *Gardenia ternifolia* but *Combretum glutinosum* and *Anogeissus leiocarpus* are also present. Favourable soil moisture conditions allow perennial *Hyparrhenia* spp. and *Andropogon gayanus* to grow, this justifying the use of the term savanna.

Another tree savana with *Terminalia macroptera* (**H/CM**) forms a mosaic with the preceding formation but its species composition differs due to the presence of a pseudo gley at depth. In addition to *Terminalia macroptera*, *Gardenia ternifolia*, *Combretum glutinosum* and *Piliostigma reticulatum* are found in the tree layer. The field layer is identical to that of the preceding formation with the addition of *Loudetia* spp.

Formations resulting from man’s activities

These formations are found close to the major urban areas such as N’Djamena and in northern Cameroon. The appearance of the country is transformed due to clearing for cultivation, use for fuel wood and livestock grazing. For these reasons the formations can be described as a steppe rather than a savanna.

A shrub steppe with *Balanites aegyptiaca* and *Panicum laetum* (**M/BP**) on areas that do not flood is witness to long use by man. Other woody species are *Ziziphus mauritiana* and *Acacia seyal*, the latter in particular in small depressions. Small bushes include *Bauhinia rufescens*, *Cadaba farinosa*, *Capparis corymbosa* and *Boscia senegalensis*. The field layer, composed of annuals, is made up of *Panicum laetum*, *Chloris pilosa* and *Schoenefeldia gracilis*. This formation, because of



Les formations d’origine anthropique

Elles s’observent près des grandes villes telles que N’Djamena et au nord du Cameroun. La transformation du paysage est due aux défrichements culturels, à l’approvisionnement en bois et à la pression du cheptel. Pour ces raisons, ce type de végétation est une steppe et non une savane :

- la steppe arbustive à *Balanites aegyptiaca* et *Panicum laetum* (M/BP). C’est une végétation exondée où la strate arbustive est dominée par *Balanites aegyptiaca*, ce qui traduit une ancienne et longue utilisation humaine des terres. Cette espèce est accompagnée par *Ziziphus mauritiana* et *Acacia seyal*, ce dernier s’installant à la faveur de petites dépressions. On note également des arbustes de petite taille : *Bauhinia rufescens*, *Cadaba farinosa*, *Capparis corymbosa* et *Boscia senegalensis*. La strate herbacée est annuelle avec *Panicum laetum*, *Chloris pilosa* et *Schoenefeldia gracilis*. Cette formation peut se présenter à cause de la surexploitation sous une forme très dégradée où ne subsistent que quelques *Balanites aegyptiaca* mutilés sur un sol très compacté, rendant pratiquement impossible toute régénération ;
- la steppe arbustive à *Acacia seyal* et *Panicum laetum* (M/SE). Elle se développe sur sols plus ou moins hydromorphes. On la trouve au Nord-Cameroun et au Tchad où elle s’étend jusqu’au sud du lac Fitri où elle peut former des végétations fermées et impénétrables. Il semble que *Acacia seyal* soit l’occupant de ces situations écologiques et qu’il se régénère très facilement après défrichement culturel suivi de jachère. Ceci explique que cette formation paraisse à la fois spontanée et naturelle, suivant la situation géographique. L’espèce dominante est accompagnée par *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica*, *Cadaba farinosa* et *Bauhinia rufescens*. La strate herbacée annuelle est composée de *Panicum laetum* et *Echinochloa colona*, abondantes et consommées dès la fin des pluies. Ici aussi, près des centres urbains, cette formation peut être très dégradée ;
- la steppe arbustive à *Balanites aegyptiaca* et *Loudetia togoensis* (M/BL). Elle se situe au Tchad, dans la région du Bahr Erguig où elle occupe des glaciés à sols argileux compacts, à placages dénudés. Sa strate arbustive est composée de *Balanites aegyptiaca*, *Cassia sieberana* et *Piliostigma reticulatum*. La strate herbacée est à *Loudetia togoensis*, *Hyparrhenia bagirmica* et *Andropogon gayanus* ;
- la steppe à *Acacia sieberana* (M/K). Elle occupe de petites surfaces dans le delta du Chari, en bordure des méandres du fleuve où elle semble profiter de conditions hydriques favorables. La strate ligneuse est dense, formée uniquement d’épineux, *Acacia sieberana*, *A. nilotica*, *A. campylacantha*, *A. albida* et *Ziziphus mauritiana*. Lorsque le taux d’humidité est plus élevé dans les creux d’anciens bourrelets de berge, on note *Mitragyna inermis*, *Crataeva adansonii*, *Mimosa pigra* et *Securinega virosa*. Parmi les herbacées, *Andropogon gayanus* peut former des taches. Autrement, la strate herbacée est formée de *Panicum* sp. annuel, *Brachiaria ramosa* et *Pennisetum pedicellatum*.

Formations du Massif du Guéra

Cette formation se situe au Tchad, à l’ouest du Bassin du Lac Tchad. Elle englobe la végétation de piedmont et celle du massif proprement dit.

Il s’agit d’une savane arbustive à arborée à *Anogeissus leiocarpus* et *Boswellia dalzielii* (G). Sur sol profond, ces espèces dominantes sont accompagnées par *Combretum glutinosum*, *Terminalia laxiflora* et *Sclerocarya birrea*. Sur regs et cuirasse les épineux apparaissent, *Acacia seyal*, *A. ataxacantha*, *Balanites aegyptiaca*, *Dicrostachys cinerea*, *Albizzia chevalieri*.

Les formations secondaires autour des villages sont caractérisées par le développement des épineux.

La strate herbacée est toujours annuelle, avec *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida funiculata*, *A. stipoides* et *Schizachyrium exile*.

LE DOMAINE SOUDANIEN

Introduction

Le domaine phytogéographique soudanien est caractérisé par une végétation naturelle de type savane arborée. Les ligneux sont de haute taille, denses, sans que les cimes soient jointives. La strate herbacée est haute,

excessive overuse, may be very degraded with only a few *Balanites aegyptiaca* growing on very compacted soils and leaving practically no possibility of regeneration.

A shrub steppe with *Acacia seyal* and *Panicum laetum* (M/SE) is found on more or less hydromorphic soils in north Cameroon and in Chad. In Chad to the south of Lake Fitri it may form an impenetrable thicket. It seems that *Acacia seyal* is the natural occupant of these ecological situations and is able to regenerate very easily after the land has been cleared and then returned to fallow. This explains why this formation seems both spontaneous and natural in certain geographical areas. The dominant species is accompanied by *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica*, *Cadaba farinosa* and *Bauhinia rufescens*. The field layer is dense and comprises the annuals *Panicum laetum* and *Echinochloa colona* which are eaten as soon as the rainy season ends. This formation may also be very degraded close to urban centres.

A *Balanites aegyptiaca* and *Loudetia togoensis* steppe (M/BL) occurs in Chad around Bahr-Erguig on denuded and compacted clay soils. Other woody species include *Cassia siberiana* and *Piliostigma reticulatum*. *Loudetia togoensis*, *Hyparrhenia bagirmica* and *Andropogon gayanus* are found in the field layer.

A steppe of *Acacia siberiana* (M/K) occupies a small area in the Chari delta along the edges of meander channels where it benefit from good moisture availability. The dense woody layer has only thorny species including *Acacia siberiana*, *A. nilotica*, *A. campylacantha*, *A. albida* and *Ziziphus mauritiana*. Where the moisture content is higher in old sinkholes along the banks *Mitragyna inermis*, *Crataeva adansonii*, *Mimosa pigra* and *Securinega virosa* also occur. *Andropogon gayanus* is found in some areas in the field layer which is otherwise composed of the annual form of *Panicum* sp., *Brachiaria ramosa* and *Pennisetum pedicellatum*.

Formation of the Guera Massif

This formation is situated in Chad, in the western part of the Basin, and includes the vegetation of the piedmont as well as the one of the massif itself.

It concerns a tree spotted to arborized *Anogeissus leiocarpus* and *Boswellia dalzielii* (G) savanna. On deep soils these dominant species are commensals to *Combretum glutinosum*, *Terminalia laxiflora* and *Sclerocarya birrea*. On regs and cuirasses thorny plants come up, *Acacia seyal*, *A. ataxacantha*, *Balanites aegyptiaca*, *Dicrostachys cinerea*, *Albizzia chevalieri*.

Secondary formations around villages are characterized by thorny plants.

The herbaceous stratum is always annual, with *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida funiculata*, *A. stipoides* and *Schizachyrium exile*.

THE SUDANIAN DOMAIN

Introduction

The sudanian domain is characterized by a natural vegetation of tree savanna type. Woody species are tall and dense but the canopy is not complete. The field layer, also tall and composed of perennial and annual grasses, forms a continuous ground cover. Used as feed by live-stock in the rainy season it quickly becomes coarse and unpalatable in the dry season.

The northern limit of this domain, taking into account all the uncertainties due to successive droughts, can be set at 700 mm of rain per year.

- This domain has three sectors :
- sudano-sahelian ;
 - sudanian ;
 - sudano-guinean.

Only the first of these, characterized by combretaceous tree savanna, is found within the Lake Chad Basin. The second sector is farther to the south at a rainfall of about 1 000 mm per year and is a leguminous tree



composée de graminées vivaces et annuelles qui forment un tapis herbacé continu, exploitable par le bétail en saison des pluies. Il durcit rapidement en saison sèche.

Du point de vue climatique on peut, avec toutes les incertitudes dues aux sécheresses successives, situer sa limite nord à l'isohyète 700 mm.

- Ce domaine est divisé en trois secteurs :
- le secteur soudano-sahélien ;
 - le secteur eusoudanien ;
 - le secteur soudano-guinéen.

Seul le premier existe dans les limites du Bassin du Lac Tchad. Il est caractérisé par des savanes arborées à combrétacées. Le deuxième, plus méridional, situé à l'isohyète 1 000 mm est caractérisé par des savanes boisées à légumineuses, comme *Isoberlinia doka*, *Burkea africana*. Enfin, le troisième secteur est très nettement situé au sud du 8^e parallèle et ne concerne pas le Bassin du Lac Tchad.

Par conséquent, toute la partie sud du domaine sahélien sera occupée par le secteur phytogéographique soudano-sahélien, à l'exception de l'écosystème édaphique des Yaérés. Celui-ci s'enfoncé "en coin" dans cette zonation latitudinale, la pointe étant la zone des villes de Yagoua et Bongor.

Le substrat du domaine soudanien, comme pour le domaine précédent, est sableux avec de grandes zones hydromorphes.

Le secteur soudano-sahélien

On distingue quatre grandes entités végétales que l'on regroupe selon la nature du substrat et le degré d'hydromorphie. C'est ainsi que l'on distinguera les formations sur sols sableux, sur sables à concrétions, sur sables hydromorphes et sur substrat hydromorphe. Ces dernières sont situées au Tchad, entre Logone et Chari et tirent leur hydromorphie des précipitations mais aussi des débordements du Logone dans la plaine de Laï.

Les formations sur sols sableux

Elle se développent aussi bien au Nigeria qu'au Tchad où elles occupent des surfaces importantes sur les sols ferrugineux tropicaux :

- la savane à *Anogeissus leiocarpus* et *Guiera senegalensis* (**Sf/AC**). Elle se trouve au Nigeria, à la latitude de Damaturu, au nord et au sud de cette ville. Sa strate arbustive comprend, outre *Anogeissus leiocarpus* caractéristique, *Guiera senegalensis*, qui traduit l'utilisation agricole de cette savane. On y observe plusieurs espèces d'acacias. Il n'y a qu'une strate herbacée vivace, à base de *Schizachyrium exile* avec, par places, *Brachiaria xantholeuca* et *Pennisetum pedicellatum* ;
- la savane à *Anogeissus leiocarpus* et *Acacia ataxacantha* (**Sh/Ah**). Elle se situe au Nigeria, au sud-ouest de Maiduguri, avec une strate ligneuse toujours caractérisée par *Anogeissus leiocarpus* accompagné d'un acacia lianescent : *A. ataxacantha*. L'utilisation agricole est forte, aussi trouve-t-on *Balanites aegyptiaca*. Une espèce caractéristique des secteurs sahélo-soudanien et soudano-sahélien est présente : *Lannea humilis*. La strate herbacée, dans les situations optimales, est formée de *Hyparrhenia* spp. annuelles et vivaces : *H. bagirmica*, *H. barteri* et *H. involucrata* ;
- la savane à *Combretum* spp. (**SI/CP**). C'est une formation de transition qui occupe une surface réduite au sud de Bama, au Nigeria. La strate arbustive est caractérisée par la présence de plusieurs espèces de combretum : *C. nigricans*, *C. binderianum*, *C. molle* et *C. glutinosum*, avec *Anogeissus leiocarpus* et *Guiera senegalensis*. La strate herbacée est à *Pennisetum pedicellatum* et *Schizachyrium exile* ;
- la savane herbacée à *Anogeissus leiocarpus*, *Detarium microcarpum* (**S/AD**). Cette formation est largement étendue dans le secteur soudano-sahélien. Au Cameroun, elle s'étend de part et d'autre du cordon de Limani, au Tchad de part et d'autre du Chari, de Miltou à Guelengdeng. Cette savane arborée présente deux strates ligneuses. La strate haute est composée de *Anogeissus leiocarpus*, *Sclerocarya birrea*, *Terminalia avicennnoides*, *Detarium microcarpum* et *Albizzia chevalieri*. Elle s'enrichit dans sa partie sud de *Sterculia setigera* et *Prosopis africana*, qui est une légumineuse arbustive. La strate basse est composée de *Combretum* spp., *Piliostigma reticulata*, *Hymenocardia acida* et *Strychnos spinosa*.

savanna with such species as *Isoberlinia doka* and *Burkea africana*. The third sector is found to the south of 8° N.

All the southern part of the Sahel domain is thus occupied by the sudano-sahelian phytogeographic sector except that occupied by the 'yaéré'. The 'yaéré' form a wedge in the normal latitudinal zone, the point being the towns of Yagoua and Bongor. Soils in the sudano-sahelian zone are mainly sand with large areas of hydromorphic soils.

The sudano-sahelian sector

Four major vegetation entities can be distinguished which can be clas-sed on the type of soil and the amount of waterlogging. The four soil types are sands, compacted sands, hydromorphic sands, and hydromorphic soils. The last are found in Chad between the Logone and Chari and are swampy due to rain and to the overflow of the Logone into the Laï Plain.

Formations on sands

These are found in Nigeria and Chad where they cover large areas on tropical ironstone soils :

- A savanna with *Anogeissus leiocarpus* and *Guiera senegalensis* (**Sf/AC**) occurs in Nigeria at the latitude of and to the north and south of Damaturu. In addition with the characteristic tree *Anogeissus leiocarpus*, the presence of *Guiera senegalensis* is an indication of the agricultural use to which this savanna has been put. There are also several *Acacia species*. There is a single perennial field layer of *Schizachyrium exile* with *Brachiaria xantholeuca* and *Pennisetum pedicellatum* in some places ;
- *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia ataxacantha savanna* (**Sh/Ah**) is found in Nigeria to the south-west of Maiduguri. The dominant *Anogeissus leiocarpus* is accompanied by the scrambling *Acacia ataxacantha*. There is considerable agricultural activity which accounts for the presence of *Balanites aegyptiaca*. *Lannea humilis*, a species typical of the sahelio-sudanien and sudano-sahelian sectors is also present. The field layer on favourable sites contains annual and perennial *Hyparrhenia* species including *H. bagimirca*, *H. barteri* and *H. involucrata* ;
- A transitional formation of *Combretum* spp. (**SI/CP**) is found in a small area to the south of Bama in Nigeria. Typical species in the woody layer are *Combretum nigricans*, *C. binderianum*, *C. molle* and *C. glutinosum* with *Anogeissus leiocarpus* and *Guiera senegalensis*. The field layer comprises *Pennisetum pedicellatum* and *Schizachyrium exile* ;
- A widespread formation in the sudano-sahelian sector is a grass savanna of *Anogeissus leiocarpus* and *Detarium microcarpum* (**S/AD**). In Cameroon it is found on each side of the Limani cordon and in Chad on each side of the Chari from Miltou to Guelendeng. This formation has been described in forest terminology (GRONDARD, 1964) as "open *Combretum* forest" but this seems rather an exaggeration as it is really a wooded savanna, forests only being found farther south. There are two woody layers. The upper is of *Anogeissus leiocarpus*, *Sclerocarya birrea*, *Terminalia avicennnoides*, *Detarium microcarpum* and *Albizzia chevalieri* with some *Sterculia setigera* and the shrubby leguminous *Prosopis africana* to the south. The lower storey is of *Combretum* spp., *Piliostigma reticulatum*, *Hymenocardia acida* and *Strychnos spinosa*. The field layer has few perennial species, with only *Andropogon gayanus* being found in fallows after earlier clearing. Annuals in the field layer are *Hyparrhenia* spp., *Eragrostis tremula*, *Pennisetum pedicellatum*, *Brachiaria ramosa* and *Pandiaka heudelotii*.
- A tree savanna of *Anogeissus leiocarpus* and *Sterculia setigera* (**S/AS**) occurs in Chad in the plain between Bahr Erguig and the Chari. The woody layer is dominated by the two type species but also contains *Combretum hypopilinum* and *Annona senegalensis*. *Andropogon gayanus* is still the only perennial in the field layer, with *Hyparrhenia bagirmica* and *Eragrostis tremula* being the main annuals.

Formations on compacted sands

The two formations of this entity are found only in Nigeria :

- To the north of Ubba in the Laasa area is a wooded savanna with *Anogeissus leiocarpus* (**Sc/AA**). It is very similar to the S/AD formation in Chad as its woody layer also contains, in addition to *Anogeissus leiocarpus*, *Detarium microcarpum*, *Sterculia setigera* and *Strychnos*



La strate herbacée n'est pas encore très riche en espèce vivaces, on trouve seulement *Andropogon gayanus* qui, après défrichement, se développe dans les jachères. Les espèces annuelles sont *Hyparrhenia* spp., *Eragrostis tremula*, *Pennisetum pedicellatum*, *Brachiaria ramosa*, *Pandiaka heudelotii*.

Cette formation a été décrite au Tchad par les forestiers (GRONDARD, 1964) sous le nom de "forêt claire à combrétacées", terme un peu excessif car il s'agit d'une savane arborée ; les forêts sont plus méridionales ;

- la savane arborée à *Anogeissus leiocarpus* et *Sterculia setigera* (S/AS). Elle occupe, au Tchad, la plaine entre le Bahr Erguig et le Chari. La strate arbustive, dominée par les deux espèces citées, renferme également *Combretum hypopilinum* et *Annona senegalensis*. *Andropogon gayanus* est toujours la seule vivace, les annuelles sont *Hyparrhenia bagirmica* et *Eragrostis tremula*.

Les formations sur sols sableux à concrétions

Les deux formations de cette entité sont localisées au Nigeria :

- la savane arborée à *Anogeissus leiocarpus* (Sc/AA). Elle se situe au Nigeria au nord de Uba, dans la région de Laasa. Elle est très proche de celle du Tchad car sa strate arbustive est également composée de *Anogeissus leiocarpus*, *Detarium microcarpum*, *Sterculia setigera* et *Strychnos spinosa*. Son exploitation déjà ancienne est à l'origine de parcs de néré (*Parkia biglobosa*) et de karité (*Butyrospermum paradoxum*). Par rapport à son homologue du Tchad, sa strate herbacée est plus fournie, avec *Pennisetum pedicellatum* et *Schizachyrium exile* ;

- la savane arborée à *Combretum* spp., *Anogeissus leiocarpus* (Sc/CA). Elle est localisée au Nigeria, au sud de Maiduguri et traversée par la limite du Bassin Conventionnel du Lac Tchad. Cette savane est dominée par plusieurs espèces de combretum : *C. glutinosum*, *C. molle* et *C. nigricans*, avec *Anogeissus leiocarpus*, *Commiphora pedunculata*, tandis que la strate herbacée est à *Loudetia togoensis*.

Savane arbustive à *Terminalia* spp., *Combretum* spp. (Sc/TP). Elle se situe au Nigeria, sur la rive droite de la Benoué à hauteur de Lau, ainsi qu'au nord-est de Uba.

La strate arbustive est composée de *Terminalia laxiflora*, *T. avicenoides*, *Combretum glutinosum*, *C. ghasalense* et *Anogeissus leiocarpus*.

La strate herbacée est composée d'annuelles : *Pennisetum pedicellatum* et *Schizachyrium exile*.

Les formations sur sols sableux hydromorphes

Elles sont situées au Tchad, en grande partie, et au Cameroun :

- la savane arborée à *Anogeissus leiocarpus*, *Terminalia laxiflora* (St/AT). Elle se situe au Tchad, au sud du Chari, entre Niellim et Bousso, et se développe sur un substrat à hydromorphie de profondeur, d'où la présence de *Pseudocedrela kotschy*. La strate ligneuse haute, qui peut atteindre 10 mètres, est caractérisée par *Anogeissus leiocarpus* et *Terminalia laxiflora*, accompagnés de nombreux ligneux : *Prosopis africana*, *Pseudocedrela kotschy*, *Pericopsis laxiflora*, *Stereospermum kunthianum*, *Piliostigma thonningii*, *P. reticulatum*, *Sterculia setigera* et *Detarium microcarpum*. La strate herbacée, très haute et fournie, est composée de *Andropogon gayanus*, *Diheteropogon amplexans*, *Hyparrhenia bagirmica*, *Ctenium newtonii*, *Andropogon pseudapricus* et *Pennisetum pedicellatum*. Cette région, inondable dans les années de fortes précipitations qui grossissent le Chari, est peu peuplée ;

- la savane à *Terminalia avicennoides* et *Sclerocarya birrea* sur buttes allongées (Sb/TS). Ce sont des buttes sableuses allongées, orientées sud-nord, que l'on trouve au Tchad, au nord du Logone, dans la plaine de Laï. Elles mesurent plusieurs dizaines de kilomètres de long et deux à trois de large ; elles correspondent à un ancien delta du Logone.

Elles représentent les seules stations exondées de la plaine de Laï. Elles sont donc sujettes à une forte installation humaine et, par conséquent, très dégradées. Dans les stations préservées, on note en plus des deux espèces déjà citées : *Anogeissus leiocarpus*, *Terminalia laxiflora*, *Prosopis africana*, *Daniellia oliveri*, *Parkia africana*, *Piliostigma reticulatum* et *Hymenocardia acida*.

La strate herbacée est formée par *Andropogon gayanus* et *Cymbopogon giganteus*, accompagnés par *Eragrostis tremula* et *Hyperthelia dissoluta*.

spinosa. Its long history of use accounts for the orchards containing the locust bean tree *Parkinsonia biglobosa* and the shea butter tree *Butyrospermum paradoxum*. The field layer is more dense than in Chad, with *Pennisetum pedicellatum* and *Schizachyrium exile*.

- A wooded savanna of *Combretum* spp. and *Anogeissus leiocarpus* (Sc/CA) occurs to the south of Maiduguri in Nigeria on both sides of the boundary of the Lake Chad Basin. Among the several Combretaceae are *Combretum glutinosum*, *C. molle* and *C. nigricans* in addition to *Anogeissus leiocarpus* and there is also *Commiphora pedunculata*. The field layer is characterized by *Loudetia togoensis*.

Terminalia spp. and *Combretum* spp. tree savanna (Sc/TP) located in Nigeria, on the right bank of the Benue river near Lau, as well as in the north-west of Uba.

The arbustive stratum consists of *Terminalia laxiflora*, *T. avicenoides*, *Combretum glutinosum*, *C. ghasalense* and *Anogeissus leiocarpus*.

The herbaceous stratum comprises annuals : *Pennisetum pedicellatum* and *Schizachyrium exile*.

Formations on hydromorphic sands

These are mainly in Chad but are also found in Cameroon :

- the tree savanna with *Anogeissus leiocarpus* and *Terminalia laxiflora* (St/AT) occurs south of the Chari between Niellim and Bousso in Chad. It is found on deep hydromorphic soils, which accounts for the presence of *Pseudocedrela kotschy*. The upper woody layer may reach a height of 10 m and is dominated by the two type species but there are several other trees including *Prosopis africana*, *Pseudocedrela kotschy*, *Pericopsis laxiflora*, *Stereospermum kunthianum*, *Piliostigma thonningii*, *P. reticulatum*, *Sterculia setigera* and *Detarium microcarpum*. The very tall and dense field layer is made up of *Andropogon gayanus*, *Diheteropogon amplexans*, *Hyparrhenia bagirmica*, *Ctenium newtonii*, *Andropogon pseudapricus* and *Pennisetum pedicellatum*. There are very few people in this area, which floods in the years of heavy rainfall that cause a high flow of the Chari ;

- on sandy areas some tens of kilometres long and two to three kilometres wide and aligned north south to the north of the Logone is a formation of *Terminalia avicennoides* and *Sclerocarya birrea* (Sb/TS). These areas are a former delta of the Logone and are the only unflooded areas of the Laï Plain. They are thus densely populated and very degraded. On relief sites, in addition to the two type species, it is possible to find, among others, *Anogeissus leiocarpus*, *Terminalia laxiflora*, *Prosopis africana*, *Daniella oliveri*, *Parkia africana*, *Piliostigma reticulatum* and *Hymenocardia acida* ;

the field layer is mainly of *Andropogon gayanus* and *Cymbopogon giganteus* with *Eragrostis tremula* and *Hyperthelia dissoluta*. Because of the dense human settlement, man-induced types of vegetation have developed including one of *Acacia albida* (with a very good example at Tchagin Golo), one of *Borassus palm* *Borassus aethiopicum* and one, apparently the most recent, of *Doum palm* *Hyphaene thebaica*.

A third formation on these soils is of *Terminalia laxiflora* and *Prosopis africana* (St/TP), this being found on each side of the Logone in the Laï region. On old flattened termite hills *Tamarindus indica*, *Anogeissus leiocarpus*, *Diospyros mespiliformis* and even *Balanites aegyptiaca* grow. Between the termite mounds the woody stratum is composed of *Terminalia* spp. and *Gardenia aqualla*. The field layer is of *Andropogon gayanus*, *Diheteropogon amplexans* and *Andropogon pseudapricus*. This formation is much sought after by cultivators and is often a secondary one on old fallow.

The fourth formation on hydromorphic sands occurs around Pala in Chad and in Nigeria but covers only a small area. This is a *Terminalia laxiflora*, *Combretum glutinosum*, *C. hypolinum* savanna (St/TC). The main species are accompanied by *Pseudocedrela kotschy* and *Gardenia ternifolia*, two species which prefer deep waterlogged soils. The field layer is composed of *Diectomis fastigiata*, *Andropogon gayanus* and *Hyperthelia dissoluta*.

Formations on hydromorphic soils

The three most important of these are found in Chad, with a fourth in Nigeria :



Photo 3 : Savane boisée en saison des pluies, Sud-Tchad (cliché, A. Gaston).
Photo 3 : Tree savanna in southern Chad in rainy season (Photo, A. Gaston).

En raison de l'occupation humaine très intense, des faciès anthropiques se sont développés. Il existe un faciès à *Acacia albida*, avec un très bel exemple à Tchagin Golo, un faciès à rôniers (*Borassus aethiopum*), tout aussi ancien, et un faciès à doums, (*Hyphaene thebaica*) qui semble plus récent ;

- la savane à *Terminalia laxiflora* et *Prosopis africana* (**St/TP**). Située dans la région de Laï, de part et d'autre du Logone, on y trouve de grandes termitières arasées, occupées par *Tamarindus indica*, *Anogeissus leiocarpus* et *Diospyros mespiliformis*, et même *Balanites aegyptiaca*. Entre les termitières, la strate arborée est à *Terminalia* spp. et *Gardenia aqualla*. La strate herbacée est formée par *Andropogon gayanus*, *Diheteropogon amplexans* et *Andropogon pseudapricus*. Cette formation, très sollicitée par les agriculteurs, présente souvent des formations secondaires de jachères ;

- enfin, la quatrième savane sur sables hydromorphes se situe dans la région de Pala au Tchad et au Nigeria. Elle représente une surface relativement faible. Il s'agit de la savane à *Terminalia laxiflora*, *Combretum* spp. (**St/TC**). Ce sont *C. glutinosum* et *C. hypolinum*, accompagnés de deux ligneux recherchant l'hydromorphie de profondeur, *Pseudocedrela kotschy* et *Gardenia ternifolia*. La strate herbacée est à *Diectomis fastigiata*, *Andropogon gayanus* et *Hyperthelia dissoluta*.

Les formations sur substrats hydromorphes

Les trois plus importantes sont situées au Tchad, la quatrième au Nigeria :

- la savane à *Terminalia macroptera* et *Pseudocedrela kotschy* (**H/TK**). Elle est installée sur des sols argileux à horizon d'engorgement. Les ligneux caractéristiques sont accompagnés par *Piliostigma thonningii*, *P. reticulatum* et *Gardenia aqualla*. On y observe de nombreuses termitières à *Tamarindus indica*. La strate herbacée mêle vivaces et annuelles : *Andropogon amplexans*, *Hyparrhenia rufa* et *Eragrostis atrovirens*. Des petites mares abritent *Vetiveria nigriflora* et *Echinochloa obtusiflora*. Elle est très étendue sur la rive droite du Logone et on la retrouve jusque dans les Yaérés camerounais ;

- la deuxième formation est une savane arborée située au sud du Chari, de Guelengdeng à Niellim, elle est caractérisée par *Terminalia macroptera* et *Combretum* spp. (**H/TC**). Sa répartition géographique la montre imbriquée dans les formations plus exondées, déjà décrites. La strate ligneuse est également composée de *Piliostigma thonningii* et *Terminalia macroptera*. Comme la précédente, elle est parsemée de nombreuses termitières et possède une strate herbacée voisine, avec *Andropogon pseudapricus* ;

- enfin, la dernière formation sur substrat hydromorphe est une véritable savane herbeuse (**H/H**) au sens des définitions retenues à Yangambi. On la rencontre dans la plaine de Laï, en station plus basse, d'où l'absence d'arbres. La strate herbacée, largement dominée par les vivaces, est composée de *Hyparrhenia rufa*, accompagnée en sous-strate d'espèces hydrophiles.

Savane arborée à *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia seyal*, *Haematostaphis* et *Bombax* (**H/AH**). Cette formation se développe au Nigeria, dans la région de Butuki. La strate ligneuse comprend également *Sclerocarya birrea*, *Sterculia setigera*, *Combretum* spp. et *Prosopis africana*.

La strate herbacée est composée uniquement d'annuelles : *Schoenefeldia gracilis* et *Loudetia togoensis*.



Photo 4 : Feu de brousse dans le sud Tchad (cliché, A. Gaston).
Photo 4 : Rangelands burning in southern Chad (Photo, A. Gaston).



Photo 5 : Repousse après feu au sud du Tchad dans une dépression (cliché, A. Gaston).
Photo 5 : Grasses-regrowth after burning in a depression in southern Chad (Photo, A. Gaston).

- the first is a savanna with *Terminalia macroptera* and *Pseudocedrela kotschy* (**H/TK**) on waterlogged clay soils. It is widespread on the right bank of the Logone and extending into the 'yaéré' in Cameroon. The type species are accompanied by *Piliostigma thonningii*, *P. reticulatum* and *Gardenia aqualla*. There are many old termite hills with stands of *Tamarindus indica*. The field layer is a mixture of perennials and annuals and includes *Andropogon amplexans*, *Hyparrhenia rufa* and *Eragrostis atrovirens*. Small pools contain *Vetiveria nigriflora* and *Echinochloa obtusiflora* ;

- the second formation is a tree savanna to the south of the Chari extending from Guelengdeng to Niellim. It is characterized by *Terminalia macroptera* and *Combretum* spp. (**H/TC**). Its distribution forms a mosaic with the formations on upland soils that have already been described. The woody layer is similar to the previous formation with *Piliostigma thonningii* and *Terminalia macroptera* and the field layer is also similar but with the addition of *Andropogon pseudapricus* ;

- the third formation is a grass savanna (**H/H**) in the terminology of the Yangambi Convention. It is found in the lower parts of the Laï Plain which is why there are no woody species. The field layer is mainly of perennials and mainly *Hyparrhenia rufa* with an understorey of water-loving species.

Tree savanna with *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia seyal*, *Haematostaphis* and *Bombax* (**H/AH**). This formation develops in the Butuki region of Nigeria. The ligneous stratum comprises also *Sclerocarya birrea*, *Sterculia setigera*, *Combretum* spp. and *Prosopis africana*.

Annuals are the only components of the herbaceous stratum : *Schoenefeldia gracilis* and *Loudetia togoensis*.

Acacia spp. steppe, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritania* and *Lannea humilis* (**Hv/LS**). This formation is situated in Nigeria, south-west of Bama at the foot of the fossile dune course.



Steppe à *Acacia* spp., *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* et *Lannea humilis* (**Hv/LS**). Cette formation se situe au Nigeria, au sud-ouest de Bama, au pied du cordon dunaire fossile.

La strate ligneuse est composée d'acacias, *A. seyal*, *A. nilotica* var. *nilotica* qui complètent les espèces caractéristiques.

La strate herbacée n'est composée que d'annuelles et est dominée par *Schoenefeldia gracilis* et *Loudetia togoensis*.

Les formations d'origine anthropique

Elles ont déjà été citées, ce sont des parcs à *Acacia albida*, dus à des populations de pasteurs, des parcs à rôniers, à doums, à baobabs. Elles se superposent souvent à des végétations naturelles et sont difficilement individualisables sur une carte. Cependant, deux, de surfaces importantes, peuvent être représentées, au Nigeria et au Cameroun :

- dans le premier pays, il s'agit d'un parc à *Adansonia digitata*, *Acacia* sp. (**Sh/DS**), installé en piedmont extérieur du cordon de Bama, à hauteur de Maiduguri. Notons d'ailleurs que cette espèce, fréquente en Afrique de l'Ouest, atteint là sa limite est. On en trouve encore au nord du Cameroun, et au Tchad elle est très rare.

- la deuxième formation, le parc à *Acacia albida* (**M/AA**), est très étendu, au nord du Cameroun dans la région de Maroua, Yagoua et au Tchad dans la région de Bongor. Le ligneux dominant, *Acacia albida*, est accompagné d'espèces qui traduisent l'influence humaine comme *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* et *Hyphaene thebaica*. La strate herbacée annuelle est pratiquement une strate de jachère, avec *Schoenefeldia gracilis*, *Eragrostis tremula* et *Pennisetum pedicellatum*.

LES YAÉRÉS

On désigne sous le nom de Yaéré la vaste plaine d'inondation du Logone qui déborde sur sa rive gauche au Cameroun et, dans une moindre mesure, sur sa rive droite au Tchad, au nord de Bongor. Cette lame d'eau recouvre de vastes étendues qui, de ce fait, sont dépourvues d'arbres. Elle inonde également, mais à un degré moindre, en raison de la topographie, d'autres étendues aussi vastes mais où des ligneux spécifiques peuvent se développer.

Ce vaste ensemble, véritable système édaphique, constitue une des principales caractéristiques du Bassin du Lac Tchad, en raison du décalage du phénomène dans le temps par rapport à la saison des pluies. En effet, l'inondation commençant à la fin de cette période, la décrue, qui s'effectue par vidange dans le Lac Tchad par la Serbewel, libère ainsi une précieuse ressource fourragère.

La végétation des Yaérés, classée selon le degré décroissant d'inondation, est constituée par des savanes herbeuses, des savanes arbustives à ligneux supportant la submersion et par des steppes à épineux tolérant une courte inondation :

- la savane herbeuse rassemble cinq formations, dont celle à *Hyparrhenia rufa* (**Hy/HE**) qui est la plus régulièrement inondée. Le substrat de cette formation est parcouru par des lignes d'écoulement d'eau, où se développent *Echinochloa stagnina* et *Vossia cuspidata*. Parmi les autres formations, deux sont situées au Nigeria, caractérisées l'une par *Sorghum lanceolatum* (**Hv/S**), l'autre par *Echinochloa obtusiflora* et *E. stagnina* (**Ha/spp**). Les deux dernières formations sont situées au Cameroun, l'une caractérisée par *Eriochloa fatmensis* et *Echinochloa stagnina* (**Hy/EN**), l'autre par *Eragrostis atrovirens*, *E. barteri*, *Panicum anabaptistum*, *Hyparrhenia rufa* (**Hy/EP**) ;

- trois formations présentent une strate ligneuse composée d'espèces tolérant l'inondation : *Pseudocedrela kotschy*, *Mitragyna inermis*, *Piliostigma thonningii* et *P. reticulata*. La première (**H/PK**), caractérisée par *Pseudocedrela kotschy*, renferme divers acacias: *A. seyal*, *A. sieberiana* et *A. ataxacantha* ainsi que *Crataeva adansonii*. Sa strate herbacée est composée de *Echinochloa colona*, *Panicum maximum*, *Brachiaria ramosa* et *Pennisetum pedicellatum*. La deuxième formation est caractérisée par *Mitragyna inermis* (**H/ME**) qui se présente comme une vaste étendue à tapis herbacé ras avec *M. inermis* groupé par bouquets de cinq ou six individus. Le tapis herbacé est quasi monospécifique avec *Eriochloa fatmensis*. La troisième formation est dominée par les deux espèces de *Piliostigma* spp. et elle est parsemée de termitières à *Nauclea latifolia* et *Tamarindus indica* (**H/PE**). La strate herbacée est composée de *Eragrostis atrovirens*, *Panicum anabaptistum*, *Hyparrhenia bagirmica*,

The ligneous stratum is composed of acacias, *A. seyal*, *A. nilotica* var. *nilotica* which add to the characteristic species.

The herbaceous stratum only consists of annuals dominated by *Schoenefeldia gracilis* and *Loudetia togoensis*.

Manmade formations

Mention has already been made of these formations of *Acacia albida*, *Borassus palm*, *Doum palm* and baobabs. They are often superposed on natural formations and are difficult to map individually. Two large areas can be described, however, in Nigeria and in Cameroon :

- the first is a park of the baobab *Adansonia digitata* and *Acacia* spp. (**Sh/DS**) on the outer slopes of the Bama cordon at the latitude of Maiduguri. The baobab, very common in West Africa, is here at its eastern limit: it is found again in northern Cameroon but is very rare in Chad.

- the second formation is a very large park of *Acacia albida* (**M/AA**) around Maroua and Yagoua in northern Cameroon and extending to the Bongor area in Chad. The type species is accompanied by other species showing the influence of man including *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* and *Hyphaene thebaica*. The annual field layer is in effect one of fallow land and contains *Schoenefeldia gracilis*, *Eragrostis tremula* and *Pennisetum pedicellatum*.

THE 'YAÉRÉS'

The flood plain on the left bank of the Logone in Cameroon and to a lesser extent on its right bank to the north of Bongor in Chad are known as 'yaéré'. This large sheet of water covers vast areas which, for this reason, are completely treeless. Other large areas which are less deeply flooded because of their topographic position do have some specially adapted trees.

This large system is one of the major features of the Lake Chad Basin mainly because of the delay in it being flooded in relation to the timing of the rains. At flood recession the water empties into Lake Chad via the Serbewel, thus uncovering a vital feed resource.

The vegetation of the 'yaéré', classed according to the depth and duration, in descending order, of flooding is composed of grass savannas, shrub savannas with woody species capable of being partly submerged, and thorny shrub steppes that tolerate a short period of flooding :

- grass savannas comprise five formations. That with *Hyparrhenia rufa* (**Hy/HE**) is the one that is submerged most often: *Echinochloa stagnina* and *Vossia cuspidata* are present in the drainage channels that seam this area. Among the other formations, two are in Nigeria, one characterized by *Sorghum lanceolatum* (**Hv/S**) and the other by *Echinochloa obtusifolia* and *E. stagnina* (**Ha/spp**). The final two formations are in Cameroon, one having *Eriochloa fatmensis* and *Echinochloa stagnina* as the type species (**Hy/EN**) and the other comprising *Eragrostis atrovirens*, *E. barteri*, *Panicum anabaptistum* and *Hyparrhenia rufa* (**Hy/EP**) ;

- three formations have a woody layer that is tolerant of some flooding. The first has *Pseudocedrela kotschy*, *Mitragyna inermis*, *Piliostigma thonningii* and *P. reticulata* (**H/PK**): there are also several species of *Acacia* including *A. seyal*, *A. sieberiana* and *A. ataxacantha* as well as *Crataeva adansonii* with the field layer comprising *Echinochloa colona*, *Panicum maximum*, *Brachiaria ramosa* and *Pennisetum pedicellatum*. The second formation is characterized by *Mitragyna inermis* (**H/ME**) scattered in little groves of five or six individuals in a wide area of a short field layer which is composed almost entirely of the one species *Eriochloa fatmensis*. The third formation is dominated by *Piliostigma reticulatum* and *P. thonningii* with *Nauclea latifolia* and *Tamarindus indica* on a few scattered termite mounds (**H/PE**): the field layer includes *Eragrostis atrovirens*, *Panicum anabaptistum*, *Hyparrhenia bagirmica* and *Echinochloa obtusiflora* with scattered patches of *Vetiveria nigrans*, *Hyparrhenia rufa* and *Andropogon pseudapricus* ;

- the five formations which withstand only short term flooding are all characterized by species of *Acacia*, in varying proportions, and including *A. seyal*, *A. campylacantha* and *A. nilotica*. Three are found in Nigeria : the first (**Hv/AS**) has a field layer of the tall annual *Sorghum aethiopicum* whereas the other two (**H/AS**, **H/AB**) have *Panicum laetum*, *Eriochloa fatmensis*, *Chloris* spp. and even *Schoenefeldia gracilis*. The two other formations (**H/AC**, **H/S**) are in Cameroon, the second



Echinochloa obtusiflora avec des stations à *Vetiveria nigriflora*, d'autres à *Hyparrhenia dissoluta* et *Andropogon pseudapricus* ;

- les cinq formations les moins inondées du système des Yaérés sont toutes caractérisées par des acacias : *A. seyal*, *A. campylacantha* et *A. nilotica* en proportions variables. Trois d'entre elles sont situées au Nigeria (**Hv/AS, H/AS, H/AB**). La première a une strate herbacée caractérisée par une grande annuelle, *Sorghum aethiopicum*, tandis que celle des deux autres est composée de *Panicum laetum*, *Eriochloa fatmensis* et *Chloris* spp. et même *Schoenefeldia gracilis*. Les deux autres formations (**H/AC, H/S**) sont situées au Cameroun. La deuxième est très caractéristique, avec sa strate ligneuse régulière à *Acacia seyal*, du paysage du Parc national de Waza. Leur strate herbacée est à *Sorghum lanceolatum* et *Echinochloa obtusiflora*.

LA VÉGÉTATION DES LITS MAJEURS ET DES COURS D'EAU

Les cours d'eau du Bassin du Lac Tchad se jettent, soit directement soit indirectement, dans le Lac Tchad.

Le régime pluviométrique du bassin est caractérisé par l'alternance de périodes de fortes crues et d'étiage, de sorte que certains fleuves, tels le Logone et le Chari, ont des lits majeurs qui ont plusieurs kilomètres de large.

Leurs rives sont bordées d'une strate ligneuse qui est celle de la steppe ou de la savane qu'ils traversent. A cause d'une meilleure alimentation en eau, cette steppe est plus dense et devient, selon les cas, une forêt-galerie.

La végétation herbacée des lits majeurs n'est pas répartie uniformément mais par plages, avec des graminées, *Hyparrhenia rufa*, *Sorghastrum trichopus*, *Loudetia simplex*, *Setaria anceps*, *Eragrostis barteri*, *Paspalum scrobiculatum* et *Panicum fluviicola*. En bordure de l'eau libre du fleuve, on peut noter *Echinochloa stagnina* et *Vossia cuspidata*. Ce tapis herbacé, très recherché par les animaux, est accessible à la décrue, comme celui des Yaérés, c'est-à-dire en saison sèche.

LA VÉGÉTATION DES RIVES DU LAC TCHAD

Par ce terme, on regroupe les différentes bandes de végétation qui bordent le Lac Tchad.

Au nord du Lac, beaucoup de dépressions sont natronées et portent une végétation de graminées spécifiques : *Sporobolus helvolus*, *S. spicatus*. Les bordures sableuses sont occupées par des cypéracées (*Cyperus* sp., *Scirpus* sp.) et des graminées (*Cynodon dactylon*, *Imperata cylindrica*). Ces espèces herbacées se développent dans la zone de battance entre les hautes eaux et les basses eaux. Sur les rives se développent également des "bordures flottantes" à *Vossia cuspidata* et *Ludwigia* spp. ainsi qu'à *Cyperus papyrus*. Cette dernière espèce peut se détacher des rives et former des îles flottantes qui dérivent au gré des vents et des courants.

Les hauts fonds sableux développent une végétation à *Phragmites australis* ; de même certains sites peuvent porter une végétation à *Typha domingensis*. Une légumineuse, *Aeschynomene elaphroxylon* est caractéristique du Lac Tchad où elle est connue sous le nom d'*ambach* ; son bois très léger sert de flotteur. Aux basses eaux, avec sa hauteur de deux à quatre mètres, elle peut former de véritables forêts. Les eaux peu profondes et calmes renferment des herbiers à *Potamogeton schweinfurthii*.

LES MASSIFS MONTAGEUX

Ce sont des massifs du Nord Cameroun et du Nigeria : les monts Mandara et les contreforts de l'Adamaoua.

La végétation de ces zones est une savane arbustive ou arborée, soit à *Isberlinia doka*, soit à *Boswellia dalzielii*, soit à *Anogeissus leiocarpus* ainsi qu'à *Acacia hookii*.

Les zones les plus hautes sont occupées par la savane à *Isberlinia doka*, les pentes sont le domaine de savanes arbustives à épineux et graminées annuelles. En situation basse, cette végétation est très dégradée par la pression anthropique.

Savane arbustive à *Isberlinia doka* (**R/ID**). Elle est située au Cameroun, le long de la frontière avec le Nigeria. C'est une végétation de reg de

being very characteristic of the Waza National Park and having a uniform layer of *Acacia seyal*: the field layer of both is composed of *Sorghum lanceolatum* and *Echinochloa obtusiflora*.

VEGETATION OF THE MAIN RIVER BEDS AND WATER COURSES

Water courses of the Lake Chad Basin empty directly or indirectly into Lake Chad.

The rainfall regime is characterized by alternating periods of high flood and of recession such that some rivers, such as the Logone and the Chari, have major courses several kilometres wide.

The river banks support a woody layer that is identical to the adjacent savanna or steppe but, because of a better moisture regime it is more dense and may be a gallery forest.

The herbaceous vegetation of the major rivers is not uniformly distributed and may comprise *Hyparrhenia rufa*, *Sorghastrum trichopus*, *Loudetia simplex*, *Setaria anceps*, *Eragrostis barteri*, *Paspalum scrobiculatum* and *Panicum fluviicola*. On the borders of the open water of the rivers are *Echinochloa stagnina* and *Vossia cuspidata*. This vegetation, much sought after by livestock, becomes available, like that of the 'yaéré', at the time of flood recession, that is to say in the dry season.

THE VEGETATION OF THE LAKE CHAD SHORES

Under this word are assembled the various lanes of vegetation which lie on the border of the Lake Chad.

In the north of the Lake, many depressions are salted and have a grassy specific vegetation with *Sporobolus helvolus* and *S. spicatus*. The sandy approaches have cyperaceae (*Cyperus* sp., *Scirpus* sp.) and grasses (*Cynodon dactylon*, *Imperata cylindrica*) which develop on the zone between high and low tide. On the banks there are "flooding borders" constituted with *Vossia cuspidata*, *Ludwigia* spp. and *Cyperus papyrus*. This last one can separate from the banks and make floating islands diverting with the winds or running waters.

The sandy shallows have a vegetation with *Phragmites australis*, or by place *Typha domingensis*. A legume, *Aeschynomene elaphroxylon* is characteristic of the Lake Chad where it is known as "ambach", its very light wood is used as floats. In the low water period with is four meters high, it can make thickets. In the smooth and shallow water there are herbals of *Potamogeton schweinfurthii*.



Photo 6 : Rive du Lac Tchad. Opposition entre dune exondée et végétation aquatique (cliché, I. de ZBOROWSKI, avril 1994).
Photo 6 : Lake Chad shores. Opposition between dry dunes and flooded vegetation (Photo, I. de ZBOROWSKI, avril 1994).

THE MOUTANEOUS MASSIFS

These are the massifs of Northern Cameroon and Nigeria: the Mandara Mountains and the foothills of the Adamoua.

The vegetation of these zones is an arbustive or tree savanna with either *Isberlinia doka*, or with *Boswellia dalzielii*, or *Anogeissus leiocarpus* or even *Acacia hookii*.



montagne, à *Isoberlinia doka*, espèce dominante, accompagnée de *Combretum* spp. Cette strate ligneuse est souvent exploitée.

La strate herbacée est composée de *Andropogon tectorum* et de *Diheteropogon amplexans*.

Savane arborée à *Boswellia dalzielli*. Elle occupe des surfaces importantes au Nigeria et au Cameroun, avec deux formations distinctes :

- la première, située au Nigeria, au contact de la frontière camerounaise (**R/HL**) a une strate ligneuse à *Boswellia dalzielli*, *Acacia dudgeoni* et *A. hookii*, ainsi que *Bombax costatum* et *Haematostaphis*.

La strate herbacée est à *Loudetia togoensis*, *L. annua*, *L. hordeiformis* et *Aristida* spp.

- la deuxième est une savane arbustive de piedmonts à *Boswellia dalzielii*, *Acacia* spp., *Combretum glutinosum* et *Anogeissus leiocarpus* (**R/BL**). Elle est située au Cameroun, dans la région de Maroua, sur les piedmonts de massifs.

Savane arborée sur reg à *Anogeissus leiocarpus*, *Boswellia dalzielli* et *B. odorata*, (**R/AB**). Elle se situe au Nigeria ainsi qu'au sud-ouest du Tchad et au Cameroun, sur des pénéplaines granitiques ou sur des roches métamorphiques peu érodées. Aux espèces caractéristiques s'ajoutent *Sterculia setigera* et en strate basse *Acacia hookii*, *A. dudgeoni*, *Hexalobus monopetalus* et *Lannea fruticosa*. *Sterculia setigera* progresse alors pour devenir dominant sur les versants érodés.

Savane arbustive à *Acacia hookii*, *Albizzia chevalieri* (**R/AA**). Il s'agit d'une végétation sur reg. Aux deux espèces caractéristiques qui semblent traduire une dégradation de la formation précédente s'ajoutent *Acacia raddiana* et *Ziziphus mauritiana*. La strate herbacée est identique à celle de la formation précédente.

The *Isoberlinia doka* savanna occupies the more elevated areas, the slopes are the domain of arbustive shrubs and annual grasses savannas. In lower areas anthropic pressure heavily degrades this vegetation.

Isoberlinia doka arbustive savanna (**R/ID**) is situated in Cameroon, along the border to Nigeria. It is a mountain reg vegetation, with *Isoberlinia doka* as a main species, accompanied by *Combretum* spp. This ligneous stratum is often used by man.

The herbaceous stratum comprises *Andropogon tectorum* and *Diheteropogon amplexans*.

Boswellia dalzielli tree savanna. It covers large areas in Nigeria and Cameroon, with two distinct formations :

- the first, in Nigeria, along the cameroonese border (**R/HL**) shows a ligneous stratum with *Boswellia dalzielli*, *Acacia dudgeoni* and *A. hookii*, so as *Bombax costatum* and *Haematostaphis*.

The grass stratum comprises *Loudetia togoensis*, *L. annua*, *L. hodeiformis* and *Aristida* spp.

- the second is a foothills arbustive savanna with *Boswellia dalzielli*, *Acacia* spp., *Combretum glutinosum* and *Anogeissus leiocarpus* (**R/BL**) It is found in Cameroon, in the region of Maroua, at the foothills of the massifs.

Reg tree savanna with *Anogeissus leiocarpus*, *Boswellia dalzielli* and *B. odorata* (**R/AB**). It is found in Nigeria, in South-Western Chad and in Cameroon on granitic peneplains or slightly eroded metamorphic rocks. *Sterculia setigera* and in the lower stratum *Acacia hookii*, *A. dudgeoni*, *Hexalobus monopetalus* and *Lannea fruticosa* add to the characteristic species. *Sterculia setigera* tends to become dominant on eroded slopes.

Acacia hookii and *Albizzia chevalieri* (**R/AA**) savanna. A reg established vegetation where *Acacia raddiana* and *Ziziphus mauritania* come as additional to the two main species, but with an identical herbaceous stratum.

Bibliographie :

AUBREVILLE A., 1950 - Flore forestière soudano-guinéenne. Paris, Soc. éd. géogr. marit. et colon. . 523 p.

GASTON A., 1966 - Etude agrostologique du Kanem, (République du Tchad). Maisons-Alfort, IEMVT, 176 p., 1 c. coul. au 1:400 000.

GASTON A., 1967 - Etude agrostologique du Kanem. Préfecture du Kanem et préfecture du Lac (République du Tchad). Maisons-Alfort, IEMVT, 147 p., 1 c. coul. au 1:500 000.

GASTON A., 1981 - La végétation du Tchad (Nord-est et sud-est du lac Tchad). Evolutions récentes sous des influences climatiques et humaines. Maisons-Alfort, IEMVT, 1981. Thèse Doct. d'Etat Sciences Naturelles. Univ. Paris XII, Créteil. 333 p., 1 c. coul. au 1:1 000 000.

GASTON A., 1985 - Agropastoralisme et végétation. in : Elevage et potentialités pastorales sahéniennes, synthèses cartographiques. Fascicule Tchad. Maisons-Alfort, CIRAD-IEMVT ; Wageningen, CTA, . Atlas cartographique 32 p., cartes, schémas et graph. en coul.(format 80/66 cm).

GASTON A., DULIEU D., 1976 - Effets de la sécheresse de 1973 sur les pâturages du Kanem-Lac (Tchad). Comparaison avec les études de 1964 et de 1966. Actualisation de la carte. Maisons-Alfort, IEMVT., 175 p., 1 c. coul. au 1:500 000.

GASTON A., DULIEU D., 1976 - Etude d'aménagement hydraulique pastoral des yaérés (Cameroun). Maisons-Alfort, IEMVT, 70 p., 1 c. coul. au 1:200 000.

GASTON A., PEYRE de FABREGUES B., KLEIN H.D., DULIEU D. 1976 - Pâturages du Sud-Ouest du Tchad, tome 1 : Milieu, végétation, bromatologie. Maisons-Alfort, IEMVT, 365 p., 1 c. coul. à 1/500 000.

GRONDARD A., 1964 - La végétation forestière du Tchad. Bois et Forêts des Tropiques, (93) : 15-34.

MOREL P., 1992 - Atlas agroclimatologique des pays de la zone du CILSS. Niamey, Coopération française/AGRHYMET, 8 vol., 3 pochettes de cartes.

NACHTINGAL G.H., 1881 - Sahara et Soudan, t. 1, Tripolitaine, Fezzan, Tibesti, Kanem, Borkou et Bornou (traduction de J. Goudrault). Paris, Hachette, 522 p., 1 c., 99 gravures.

PEYRE DE FABREGUES B., 1964 - Etude des pâturages naturels sahéniens, ranch du Nord-Sanam (Niger). Maisons-Alfort, IEMVT. 132 p., 1 c. coul. au 1:100 000.

PEYRE DE FABREGUES B., 1986 - Agropastoralisme et végétation. In : Elevage et potentialités pastorales sahéniennes, synthèses cartographiques. Fascicule Niger. Maisons-Alfort, CIRAD-IEMVT ; Wageningen, CTA, Atlas cartographique 32 p., cartes, schémas et graph. en coul.(format 80/66 cm).

RIPPSTEIN G., PEYRE DE FABREGUES B., 1972 - Modernisation de la zone pastorale du Niger. Maisons-Alfort, IEMVT, 306 p., 1 c. coul. au 1:1 000 000.

TROCHAIN J.L., 1957 - Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale. Bulletin Institut d'études centrafricaines, Brazzaville, nouv. sér., (13-14) : 55-93.

TROCHAIN J.L., 1970 - Les territoires phytogéographiques de l'Afrique noire francophone d'après la trilogie climat, flore, végétation. Compte rendu des séances de la Société de Biogéographie, (395-403) : 139-157.

TULEY P., 1972. Ed. - The Land Resources of North East Nigeria. Surbiton, Surrey, Land Resources Division, Tolworth Tower, 4 vol., 13 c. en coul. au 1/1 000 000